



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### **Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### **About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

BUHR B

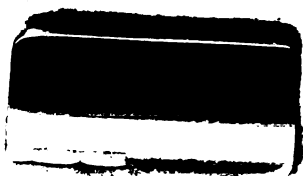
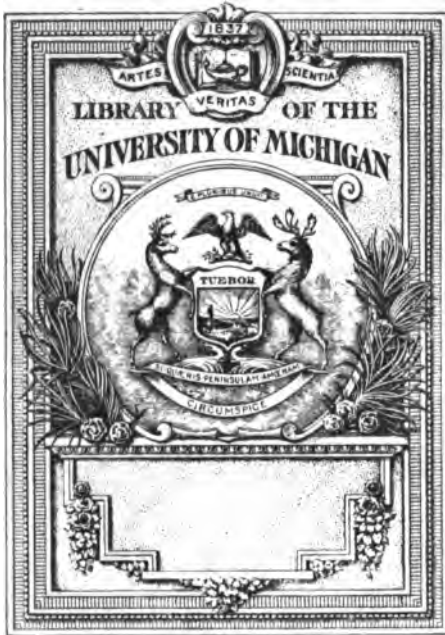


a39015 00009048 3b

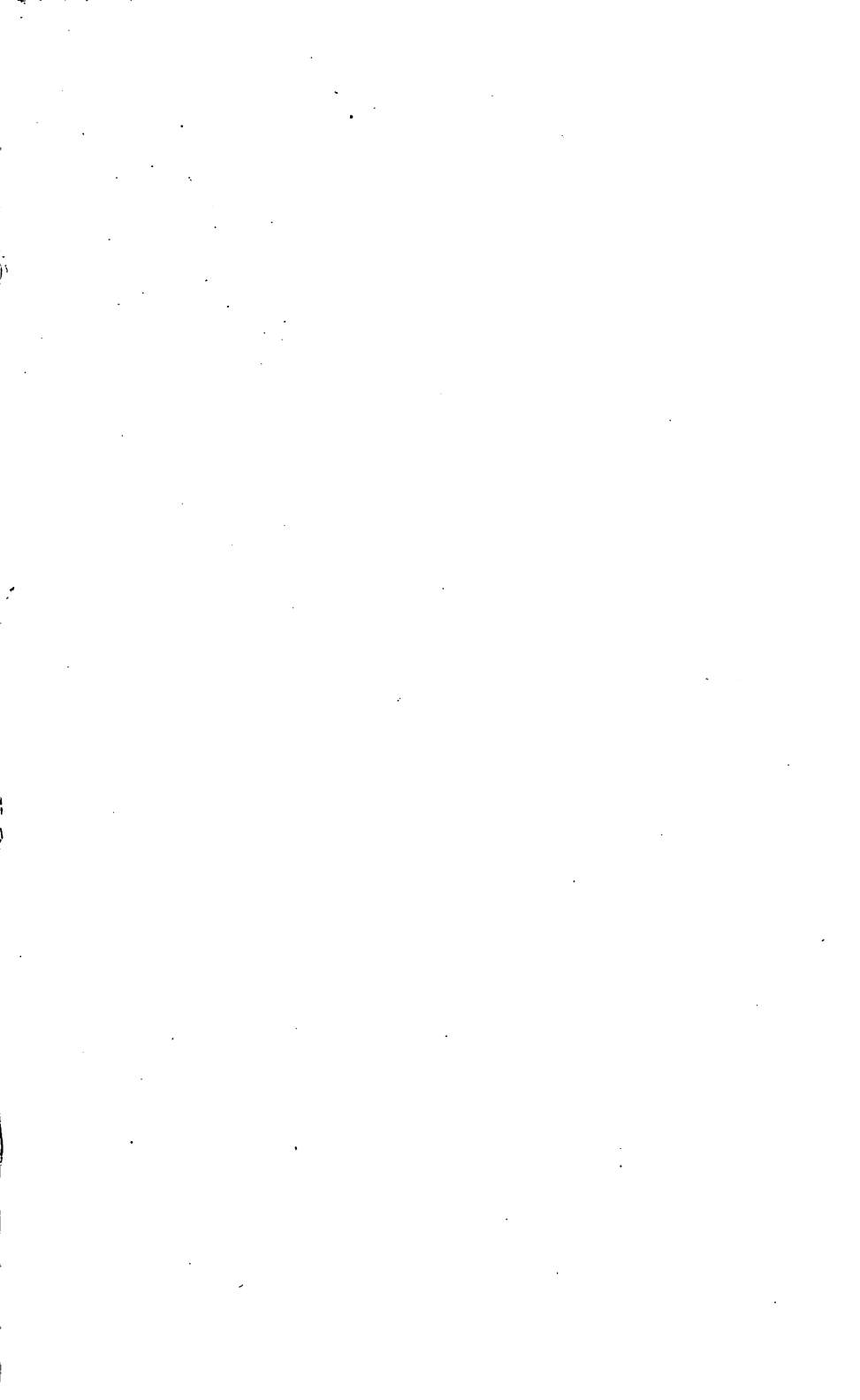
Oswald Weigel  
Antiquariat & Auktions-Inst.:  
Leipzig, Königsstr. 1.

99  
/ 8

2 Tot 93









# DAS MIKROSKOP

UND

SEINE ANWENDUNG,

INSBESONDERE FÜR PFLANZEN-ANATOMIE.

VON

**DR. HERMANN SCHACHT,**

ORDENTL. PROFESSOR DER BOTANIK AN DER UNIVERSITÄT BONN.



Mit 300 Abbildungen

auf 110 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 2 lithographirten Tafeln.

Britte vollständig umgearbeitete Auflage.

---

BERLIN.

VERLAG VON G. W. F. MÜLLER.

1862.

Science Library

QK  
673  
.529  
1862



Uebersetzungen dieser dritten vollständig umgearbeiteten Auflage in fremde Sprachen, desgleichen Nachbildungen der Illustrationen nur mit Genehmigung des Verfassers und Verlegers (s. Anmerkung S. 290).

0271756

Transf. to  
Science  
5-14-62

## VORWORT.

---

Die vorliegende dritte Auflage dieses Buches soll, wie die früheren, zunächst dem Anfänger als Leitfaden bei seinen Untersuchungen mit dem Mikroskope dienen und ist ganz besonders für Botaniker bestimmt.

Mit Ausnahme des vierten Abschnittes der früheren Auflagen, welcher weggefallen und dessen Inhalt noch mit dem folgenden Abschnitt verschmolzen ist, habe ich die Haupteintheilung des Buches beibehalten, im Uebrigen aber eine vollständige Umarbeitung vorgenommen und mich vor allem bemüht, diese neue Ausgabe zum Gebrauch beim Mikroskope selbst recht anwendbar zu machen.

Bei der Besprechung der verschiedenen Mikroskope habe ich mein Urtheil im Allgemeinen abgegeben und jederzeit bemerkt, aus welcher Periode die von mir geprüften Instrumente stammen; dasselbe kann also, bei dem regen Wettstreit unter den Optikern der Gegenwart, nicht für spätere Verbesserungen, welche mir unbekannt geblieben, maßgebend sein. Für die Herrichtung der Gegenstände im Allgemeinen sind alle kleinen Vortheile und Handgriffe, welche mir durch langjährige Erfahrung bekannt geworden, zusammengetragen. Im vierten Abschnitte sind darauf, in der Reihenfolge meines Lehrbuches und Grundrisses, von der Pflanzenzelle ab, alle wichtigen Aufgaben der Pflanzen-Anatomie, Morphologie und Entwicklungsgeschichte kurz besprochen und

303678

Reclass 3-28-39 Mj V

ist für jede Aufgabe die specielle Methode mit Bezeichnung der geeigneten Pflanzen ausführlich und genau vorgeschrieben. Wer eines der genannten Bücher besitzt, wird zweckmäfsig, zur Ergänzung des hier nur in aller Kürze Mitgetheilten, dasselbe zu Rathe ziehen, im anderen Falle aber werden die aus meinen früheren Büchern entlehnten Holzschnitte dasjenige, was er zu sehen hat, veranschaulichen können. In diesem gröfsten Abschnitt sind auch die neuesten Entdeckungen der Wissenschaft berücksichtigt worden. Für die Entwicklungsgeschichte der Blüthe habe ich neue Beispiele gewählt und endlich sind auch die beiden letzten Abschnitte, über das Zeichnen und die Anfertigung haltbarer mikroskopischer Präparate, mit meinen neueren Erfahrungen in Einklang gebracht.

Ich darf deshalb diese dritte Auflage\*), die mit neuen Tafeln ausgestattet ist, als ein ganz neues Buch bezeichnen und hoffe und wünsche, dafs selbige noch mehr als die beiden vorigen ihren Zweck erfüllen und dem Anfänger ein willkommener und brauchbarer Rathgeber bei seinen mikroskopischen Untersuchungen werden möge.

---

\*) Die beiden ersten Auflagen sind von FR. CURREY ins Englische übersetzt. London 1853 u. 1855 bei HIGHLEY & COMP.

Bonn, im December 1861.

HERMANN SCHACHT.

# I N H A L T.

---

	Seite
<b>I. Einleitung.</b>	
Das mikroskopische Sehen und dessen Schwierigkeiten . . . . .	2
Der richtige Gebrauch des Mikroskopes und die Methode . . . . .	3
<b>II. Die zu einer wissenschaftlich-mikroskopischen Untersuchung nothwendigen Hilfsmittel.</b>	
<b>1. Das zusammengesetzte Mikroskop . . . . .</b>	<b>5</b>
Hauptbedingungen für ein gutes Mikroskop . . . . .	5
Das Stativ und die Art der Einstellung . . . . .	6
Der Beleuchtungsapparat und die Blendungen . . . . .	7
Der Objecttisch . . . . .	11
Die Melsapparate und andere Zugaben . . . . .	12
Die neueren englischen Mikroskope . . . . .	13
Die Mikroskope von AMICI . . . . .	14
"    "    " BELTLE (KELLNER's Nachfolger) . . . . .	15
"    "    " BÉNECHE . . . . .	15 u. 289
"    "    " HARTNACK (OBERHÄUSER's Nachfolger) . . . . .	16
"    "    " HASERT . . . . .	17
"    "    " NACHET ET FILS . . . . .	18
"    "    " NOBERT . . . . .	22
"    "    " PLÖSSL . . . . .	22
"    "    " SCHIEK . . . . .	22
"    "    " SCHRÖDER . . . . .	23
"    "    " WAPPENHANS . . . . .	23
"    "    " ZEISS . . . . .	24 u. 290
Bedingungen für die Wahl eines Mikroskopes . . . . .	26
Probeobjecte . . . . .	27
Hipparchia Janira . . . . .	27
NOBERT's Probetafel . . . . .	28
Pleurosigma angulatum . . . . .	28
Nitzschia sigmoidea . . . . .	30
Grammatophora subtilissima und G. marina . . . . .	30
Surirella Gemma . . . . .	31

	Seite
Werth der Probeobjecte . . . . .	32
Prüfungsobjecte für gerades Licht u. s. w. . . . .	34
2. Das einfache Mikroskop . . . . .	36
NACHET's Prisme redresseur . . . . .	37
3. Die Lupe . . . . .	38
4. Das Zeichenprisma und die Camera lucida . . . . .	38
5. Das Compressorium . . . . .	40
6. Die Rasirmesser . . . . .	41
7. Die Scalpelle . . . . .	41
8. Die Präparirnadeln . . . . .	42
9. Die Scheere . . . . .	42
10. Die Pincetten . . . . .	42
11. Die Schleifsteine . . . . .	42
12. Der Streichriemen . . . . .	43
13. Der Handschraubstock zum Einklemmen kleiner Gegenstände . . . . .	43
14. Die Säge . . . . .	44
15. Haarpinsel . . . . .	44
16. Glasgeräthe verschiedener Art . . . . .	44
17. Porcellangeräthe . . . . .	45
18. Die Spirituslampe . . . . .	45
19. Das Fliedermark . . . . .	45
20. Chemische Reagentien . . . . .	45
Alkohol, Aether . . . . .	45
Aetzkali, Jodlösung, Schwefelsäure . . . . .	46
Chlorzink-Jodlösung, Kupfer- und Nickeloxyd-Ammoniak . . . . .	47
Zuckerlösung, Salpetersäure . . . . .	48
Salpetersaures Quecksilber, Citronenöl, Chlorcalcium, Oelsüßs . . . . .	49
Copallack, Canadabalsam, kohlenensaures Natron . . . . .	50
21. Papier und andere Zeichenutensilien . . . . .	50
22. Der Polarisations-Apparat . . . . .	50 u. 82
23. Die Handluftpumpe . . . . .	51

### III. Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Mikroskopes und für die Herrichtung der Gegenstände.

Wahl und Benutzung des Lichtes . . . . .	53
Der Arbeitstisch . . . . .	56
Wahl der Vergrößerungen . . . . .	56
Anwendung der Wasserlinsen . . . . .	59
Betrachtung unter verschiedenen Medien . . . . .	59
Anwendung der Deckgläser . . . . .	59
Schutz des Mikroskopes gegen schädliche Einflüsse . . . . .	60
Vermeidung von Täuschungen . . . . .	61
Mouches volantes . . . . .	64
Darstellung zarter Durchschnitte im Allgemeinen . . . . .	64
Darstellung zarter Durchschnitte sehr kleiner Gegenstände . . . . .	68
Entfernung der Luft aus den Präparaten . . . . .	69



	Seite
Uebertragung der Präparate auf die Objecttafel . . . . .	70
Das Aufsuchen sehr kleiner Gegenstände unter dem Mikroskop . . . . .	70
Beurtheilung der mikroskopischen Bilder . . . . .	71
Richtige Einstellung des Gegenstandes . . . . .	72
Beugungserscheinungen des Lichtes . . . . .	72
Hin- und Herrollen kleiner Gegenstände . . . . .	73
Zerdrücken kleiner Gegenstände . . . . .	74
Inhalt der Thier- und Pflanzenzellen und dessen Bestimmung durch chemische Reagentien . . . . .	74
Die Anwendung chemischer Reagentien überhaupt . . . . .	77
Fortdauernder Ersatz des verdunstenden Wassers auf der Objecttafel . . . . .	78
Anwendung von Wärme unter dem Mikroskop . . . . .	79
„ des electricischen Stromes . . . . .	79
Das Injectionsverfahren für mikroskopische Präparate . . . . .	79
Einäschern der Gegenstände . . . . .	80
Größenbestimmung unter dem Mikroskop . . . . .	80
Anwendung des Polarisations-Apparates . . . . .	82

#### IV. Methode der Untersuchung.

Werth der Methode . . . . .	85
Kenntniß der Literatur . . . . .	85
Die Inductionsmethode . . . . .	86
Hauptfrage und Nebenfragen . . . . .	87
Sofortiges Zeichnen und Notiren alles dessen, was für die Untersuchung wichtig ist . . . . .	88
Angabe der benutzten Vergrößerung . . . . .	89
Morphologische und anatomische Untersuchung . . . . .	90

#### A. Untersuchungsgang für die Pflanzenzelle im Allgemeinen.

Gestalten der Pflanzenzelle . . . . .	91
Chemisches Verhalten der Zellwand . . . . .	94
Die Porenkanäle und Tüpfel . . . . .	96
Die Verdickungsweise der Zellwand . . . . .	98
Membranlose Zellen . . . . .	99
Die mineralischen Bestandtheile in der Zellwand . . . . .	100
Inhalt der Pflanzenzellen . . . . .	101 u. 105
Das Protoplasma und seine Strömung . . . . .	102
Die Vacuolen . . . . .	103
Die Hautschicht des Protoplasma . . . . .	104
Der Zellkern . . . . .	105
Das Stärkmehl . . . . .	106
Das Inulin . . . . .	107 u. 290
Das Klebermehl (Aleuron) . . . . .	107
Das Blattgrün (Chlorophyll) . . . . .	108

	Seite
<i>B. Untersuchungsgang für die Bildung der Pflanzenzelle.</i>	
Zellenbildung durch Theilung . . . . .	109
Freie Zellenbildung . . . . .	113
<i>C. Untersuchungsgang für die Intercellulärsubstanz und die Cuticula.</i>	
Vorkommen der Intercellulärsubstanz . . . . .	115
Bildung derselben . . . . .	116
Isolirung, desgleichen Entfernung der Intercellulärsubstanz . . . . .	118
Chemisches Verhalten der Intercellulärsubstanz . . . . .	120
Die Cuticula und deren Nachweis. . . . .	121
<i>D. Untersuchungsgang für die verschiedenen Zellarten der höheren Gewächse.</i>	
a) Urparenchym . . . . .	122
b) Parenchym . . . . .	122
c) Oberhautgewebe . . . . .	123
d) Korkgewebe . . . . .	125
e) Cambium . . . . .	126
f) Gefäßzellen . . . . .	127
g) Holzzellen . . . . .	129
Holzparenchym . . . . .	131
h) Siebröhren . . . . .	132
i) Bastzellen . . . . .	133
Milchsaftgefäße . . . . .	134
Bastparenchym . . . . .	135
k) Markstrahlzellen . . . . .	135
<i>E. Untersuchungsgang für die Gefäßbündel.</i>	
Zusammensetzung der Gefäßbündel aus verschiedenen Zellarten und allgemeine Anordnung nach den verschiedenen Pflanzenabtheilungen . . . . .	136
Untersuchung der Gefäßbündel auf dem Querschnitt eines Pflanzentheiles . . . . .	139
Untersuchung der Gefäßbündel auf Längsschnitten . . . . .	142
Isolirung der Gefäßbündel . . . . .	144
Entwicklungsgeschichte der Gefäßbündel . . . . .	146
<i>F. Untersuchungsgang für den Stamm und für die Wurzel.</i>	
Unterschied des Stammes und der Wurzel. . . . .	148
Junge Stämme und Zweige . . . . .	148
Junge Wurzeln . . . . .	150
Aeltere Zweige, Stämme und Wurzeln . . . . .	151
Holz- und Rindenbildung der Dicotyledonen . . . . .	153
Braunkohlenhölzer . . . . .	159
Entwicklungsgeschichte des Stammes . . . . .	159
Die Stammknospen . . . . .	161
Die Wurzelknospen . . . . .	165
Entwicklungsgeschichte der Wurzel. . . . .	166

## G. Untersuchungsgang für das Blatt.

Anatomischer Bau des Blattes . . . . .	168
Entwicklungsgeschichte der Blätter . . . . .	172
Knospenlage der Blätter und Blattstellung . . . . .	174

H. Untersuchungsgang für die stammlosen Kryptogamen  
in Bezug auf Sporenbildung, Befruchtung, Keimung u. s. w.

Die Pilze . . . . .	175
Die Flechten . . . . .	181
Die Algen . . . . .	182
Die Charen . . . . .	191

I. Untersuchungsgang für die höheren, d. h. mit einem  
wahren Stamm versehenen Kryptogamen in Bezug  
auf Sporenbildung, Befruchtung u. s. w.

Die Laub- und Lebermoose . . . . .	192
Die Farnkräuter . . . . .	196
Die Equisetaceen . . . . .	199
Die Lycopodiaceen . . . . .	200
Die Rhizocarpeen . . . . .	200

K. Untersuchungsgang für die Blüthe und Frucht  
der Phanerogamen.

Der Blütenbau im Allgemeinen . . . . .	201
a) Das Blüthendeckblatt und der Kelch . . . . .	203
b) Die Blumenblätter . . . . .	204
c) Die Staubblätter . . . . .	205
Der Blütenstaub (Pollen) . . . . .	209
d) Der Staubweg und die Narbe . . . . .	214
e) Der Fruchtknoten . . . . .	214
f) Die Samenknospen . . . . .	217
Nebenorgane der Blüthe . . . . .	221
g) Die reife Frucht . . . . .	221
h) Der reife Same . . . . .	222
Der Embryo . . . . .	222
Entwicklungsgeschichte der Blüthe . . . . .	225
Das Fehlschlagen oder Verkümmern einzelner Blüthentheile . . . . .	227
Das sogenannte Verwachsen der Theile unter einander . . . . .	229
Bildung des Fruchtknotens und der Samenträger . . . . .	231 u. 233
Zusammenhang des Staubwegcanals mit der Fruchtknotenhöhle . . . . .	234
Knospenlage der Blüthentheile . . . . .	235

L. Methode für die Entwicklungsgeschichte des  
Pflanzenembryo.

Nothwendige Erfordernisse für diese Untersuchung . . . . .	236
Entwicklungsgeschichte der Samenknospen . . . . .	237
Bestäubung der Blüthe . . . . .	238
Die Keimkörperchen und ihre Gegenfüßler . . . . .	239

	Seite
Der Fadenapparat . . . . .	241
Das Verhalten des Pollenschlauches zu den Keimkörperchen . . . . .	242
Der Befruchtungsvorgang bei <i>Canna</i> . . . . .	245
"          "          " <i>Citrus</i> . . . . .	246
Entstehung des Sameneiweißes . . . . .	246
Ausbildung der Embryoanlage zum Keim . . . . .	247
Befruchtung der Nadelhölzer . . . . .	247
Ausbildung der Embryoanlage bei den Nadelhölzern . . . . .	254
Die Keimung der Phanerogamen . . . . .	255

#### V. Beispiele für die Entwicklungsgeschichte der Blüthe.

<i>Ananassa sativa</i> . . . . .	256
<i>Matthiola maderensis</i> . . . . .	259
<i>Lythrum virgatum</i> . . . . .	262
<i>Cuphea strigosa</i> und <i>C. platycentra</i> . . . . .	263
<i>Cecropia palmata</i> . . . . .	265

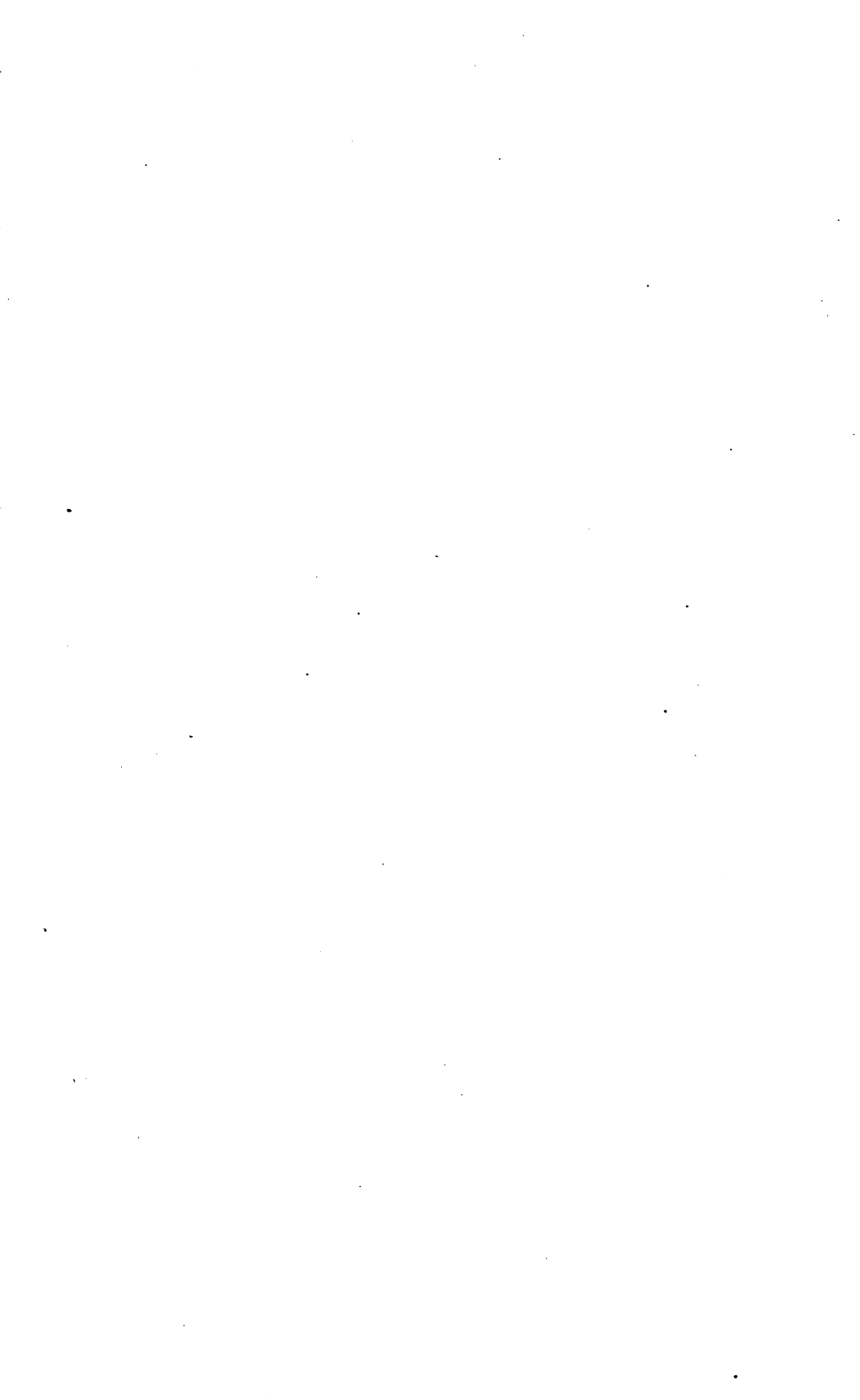
#### VI. Ueber das Zeichnen naturwissenschaftlicher, insbesondere mikroskopischer Gegenstände.

Das Zeichnen als nothwendiges Erforderniß für den Naturforscher . . . . .	267
Der rationelle Unterricht im Zeichnen . . . . .	267
Anwendung der Farben . . . . .	269
Die Schattirung . . . . .	270
Papier und andere Zeichnen-Utensilien . . . . .	271
Die mikroskopische Flächenzeichnung . . . . .	272
Die Habituszeichnung . . . . .	272
Die Zeichnung mit der <i>Camera lucida</i> . . . . .	274
Auswahl der Figuren für die Veröffentlichung . . . . .	275
Angabe der Vergrößerung über jeder Figur . . . . .	276
Bestimmung der Vergrößerung jeder beliebigen Objectiv- und Ocular- combination . . . . .	276
Auswahl der Farben . . . . .	277

#### VII. Ueber Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

Werth der Präparate . . . . .	278
Trocken aufbewahrte Präparate . . . . .	279
Die Aufbewahrungsfüssigkeiten . . . . .	279
Der Firniß zum Verschluss der Präparate . . . . .	282
Verfahren zur Herstellung der Präparate . . . . .	283
Aufbewahrung der Präparatplatten . . . . .	288
Mikroskopische Präparate von BOURGOGNE . . . . .	288
Botanische Präparate von SPEERSCHNEIDER . . . . .	288
-----	
Nachträge . . . . .	289
Erklärung der Abbildungen . . . . .	291

# **DAS MIKROSKOP.**



## I.

# Einleitung.

---

Die Fortschritte in den Naturwissenschaften sind mit den Fortschritten in der Optik so ziemlich gleichen Schritt gegangen. Durch die glänzenden Verbesserungen des Fernrohrs und des Mikroskopes hat die Wissenschaft der neueren Zeit, von einer besseren Methode geleitet, so ungeheueren Aufschwung genommen. Wie nun die Welt des Großen, der gestirnte Himmel, dem menschlichen Auge durch das Fernrohr erschlossen wurde, so wird die Welt des Kleinen durch das Mikroskop eröffnet. Das Fernrohr dient, wie schon sein Name sagt, der Entfernung, es führt uns in entlegene, oft unerreichbare Gefilde, es zeigt uns andere Welten und deren Bahn nach ewigen Gesetzen. Das Mikroskop dagegen führt uns zur Erde zurück und dient so recht unserem Planeten; es ist das Sehrohr der Nähe, welches durch seine vergrößernde Kraft für uns das Kleine sichtbar macht und dadurch ein tieferes Verständniß des inneren Baues und der Lebenserscheinungen der uns umgebenden Körper ermöglicht.

Die Kenntniß des Kleinen mit seiner, zumal in den organischen Bildungen (im Thier- und Pflanzenreich) staunenswerthen Regelmäßigkeit, ist aber für viele Zweige der Naturwissenschaften unentbehrlich geworden und außerdem für jeden gebildeten Menschen lehrreich und interessant. Der Chemiker und Mineralog, der Botaniker und Zoolog bedarf derselben, ihm ist deshalb das Mikroskop ein nothwendiges Werkzeug für die Untersuchung geworden. Aber nicht der reinen Wissenschaft allein, sondern auch den angewendeten Fächern derselben hat dieses Instrument sich nutzbar erwiesen; es dient dem wissenschaftlichen Arzt für die Feststellung der Diagnosen

und erweitert seine Kenntniß aus den Ergebnissen der Obduction; ja es wird sogar dem Handel und dem Gewerbe wichtig, indem es zur Prüfung der Rohstoffe auf ihre Güte und ihre Verfälschungen vielfach Anwendung findet.

Aber nicht der Besitz eines Mikroskopes und die Güte desselben allein genügen; für brauchbare Forschungen gehört noch mehr. Man muß sowohl mit der Handhabung des Instrumentes selbst, als auch mit der Herrichtung der zu untersuchenden Gegenstände vertraut sein und vor allem mit Verständniß sehen und mit Urtheil beobachten lernen. Schon das Sehen an und für sich ist, wie SCHLEIDEN richtig bemerkt, eine schwere Kunst; das mikroskopische Sehen aber ist noch viel schwerer, weil es unserem Auge alle Anhaltspunkte aus der nicht vergrößerten Umgebung raubt und deshalb einen Vergleich mit derselben unmöglich macht.

Für das mikroskopische Sehen ist weiter zweierlei zu beachten: 1. daß wir im Mikroskop, zumal bei stärkeren Vergrößerungen, nicht Körper, sondern nur Flächen erblicken. — Aus verschiedenen Flächenansichten desselben, in seiner Lage nicht veränderten, durchsichtigen Gegenstandes verschaffen wir uns, durch veränderte Einstellung, einen Blick in das Innere des letzteren, indem wir nach einander in verschiedener Höhe liegende optische Flächen vor das Auge führen. Durch mehrere Flächenansichten desselben Gegenstandes bei veränderter Lage, und zwar nach den Richtungen der drei Dimensionen, aber wird es erst möglich, denselben als Körper zu construiren, was in vielen Fällen durch die Beschaffenheit des Gegenstandes selbst seine großen Schwierigkeiten hat. 2. Daß wir unter dem Mikroskop die Gegenstände selten in ihrem natürlichen Verhältniß vor uns haben, dieselben vielmehr meistens zerkleinern und für die mikroskopische Beobachtung in bestimmter Weise geschickt machen müssen. Wir dürfen deshalb die Veränderungen, welche wir selbst, entweder durch das Medium, in welches der Gegenstand gelegt wurde, oder durch das Messer u. s. w. herbeigeführt haben, niemals unberücksichtigt lassen.

Eine vielfache und gründliche Beschäftigung mit dem Mikroskop sichert vor Täuschungen, an denen niemals das Instrument, sondern nur der Beobachter Schuld ist, welcher entweder das Werkzeug, mit dem er arbeitete, nicht gehörig kannte und das vom gewöhnlichen Sehen so abweichende Verhältniß des mikroskopischen Sehens



nicht genugsam beachtete, oder das natürliche und das veränderte Verhältniß des untersuchten Gegenstandes nicht hinreichend von einander trennte. Hierzu gesellen sich noch die Täuschungen durch nicht zum Gegenstand gehörige zufällige Beimischungen, z. B. Staub und Luftblasen im Wasser, desgleichen durch Secrete an der Oberfläche des Auges u. s. w., mit welchen Erscheinungen der mikroskopische Beobachter vertraut sein muß, um durch sie nicht zum Irrthum verleitet zu werden.

Der richtige Gebrauch des Mikroskopes und die richtige Deutung des Geschehenen bleibt immer für die Untersuchung die Hauptsache und ist deshalb ebenso sehr eine technische Fertigkeit in der Behandlung des Instrumentes und der Gegenstände, als eine richtige und mit Urtheil angewendete Methode nothwendig. Die Untersuchung wird mit ihr zwar langsam aber sicher vorwärts schreiten; man wird den Gegenstand von möglichst vielen Seiten zu fassen und möglichst gründlich zu erforschen streben, dabei alles auf das Genaueste erwägen und seine eigenen Beobachtungen auf das Gewissenhafteste prüfen, so aber sicheren Schrittes weiter gehen und zu einem guten Ziel gelangen.

Eine Arbeit ohne Methode wird dagegen selten zum Resultate führen; so geben die zartesten Holzschnitte, nur in einer, oder gar in einer falschen Richtung ausgeführt, keine Erkenntniß des zu untersuchenden Holzes; desgleichen können einzelne hier und da zerstreute Beobachtungen nur für den Zustand, den man gerade beobachtet, beweisen, aber keine Aufklärung über frühere oder spätere Zustände gewähren; während nach richtiger Methode erhaltene Reihen sich folgender Zustände für die Entwicklungsgeschichte des untersuchten Gegenstandes unumstößliche Beweise liefern. Manche noch streitige Frage würde, wenn man, immer von richtiger Methode geleitet, planmäßig und consequent vorgeschritten wäre, längst erledigt sein.

Ich habe mich deshalb in dieser dritten und sehr veränderten Auflage meiner Anleitung zum Gebrauch des Mikroskopes, welche zunächst für Botaniker bestimmt ist, vor allem bemüht, auf die Verbesserungen der Methoden für die Untersuchung hinzuwirken, da ich der Ueberzeugung bin, daß hier noch viel zu thun übrig ist. Freilich konnte ich auch diesmal nicht für jeden speciellen Fall die specielle Methode angeben, dagegen wird der Anfänger für

die wichtigeren anatomischen und morphologischen Verhältnisse die nöthige Anleitung im Allgemeinen finden; der erfahrene Beobachter aber wird, wenn er dies Buch benutzen sollte, schon wissen, was für den speciellen Fall zu thun ist. Der alte biblische Ausspruch: „Prüfet alles und das Beste behaltet,“ bewährt sich auch am Mikroskop, indem man bei schwierigen Untersuchungen nicht die Geduld verlieren darf und oftmals verschiedene technische Methoden vergeblich anwenden, dennoch aber mit Ausdauer zuletzt das Rechte finden wird.

Gründliche Untersuchungen sind nun, selbst wenn sie nichts Neues bringen, vielmehr nur bestätigen, von unschätzbarem Werthe; oberflächliche Beobachtungen helfen dagegen der Wissenschaft nichts, sie schaden sogar nicht selten derselben. Spielereien, d. h. Betrachtungen dieser und jener Gegenstände ohne Zweck und Zusammenhang, mögen für manchen recht unterhaltend sein, werden indess zur wirklichen Belehrung des Beschauers wenig beitragen, da ein Wissen ohne Zusammenhang zu keiner wahren Erkenntniß führt. Wer also in diesem Buche eine Aufzählung hübscher und belustigender mikroskopischer Objecte sucht, der wird sich täuschen; wer dagegen meine am Mikroskop gesammelten Erfahrungen für seine eigene wissenschaftliche Untersuchung benutzen will, dem biete ich mich dreist und gern als Führer an.

---

## II.

### Die zu einer wissenschaftlich-mikroskopischen Untersuchung nothwendigen Hilfsmittel.

---

1. **Das zusammengesetzte Mikroskop.** Das wesentlichste Erforderniß eines guten Mikroskopes ist unbedingt die Schärfe und Klarheit seiner Bilder. Die Bilder sehr zarter Gegenstände (und solche können überhaupt nur als Probeobjecte für durchfallendes Licht dienen) müssen zarte, aber scharf gezeichnete Umrisse, ohne Farbensaum besitzen; je zarter und bestimmter die einzelnen Linien in der Zeichnung erscheinen, um so besser ist das Mikroskop; je dicker und verwaschener die Umgrenzungslinien, um so geringer ist seine Güte. Das Gesichtsfeld muß außerdem hell erleuchtet und von keinem Farbensaum umgeben sein.

Die Schärfe der Bilder und der Grad der Erleuchtung derselben ist zunächst von den Objectiven, d. h. von denjenigen Gläsern, welche das Bild des Gegenstandes auffangen, um es dem Sammelglase des Oculars zu überliefern, abhängig. Je genauer diese Objective gearbeitet sind, um so vollkommener wird auch das Bild, welches sie entwerfen, sein. Das Ocularglas dient nur dazu, das vom Objectiv entworfene und durch das Sammelglas aufgefangene, Bild nochmals zu vergrößern; mit dem Bilde wird aber natürlich auch jeder Fehler desselben durch das Ocular vermehrt. Dazu nimmt mit der Stärke des letzteren auch die Menge des zum Auge gelangenden Lichtes ab, und das Bild erscheint deshalb dunkeler und weniger bestimmt gezeichnet.

Diese Gründe veranlaßten die Optiker der neueren Zeit ihre Mikroskope mit starken Objectiven und schwachen Ocularen zu

versehen, wobei als einziger Nachtheil dieser Einrichtung der kürzere Abstand zwischen dem Objectiv und dem zu beobachtenden Gegenstand zu beklagen ist. Da man jedoch, des umgekehrten Bildes halber, das zusammengesetzte Mikroskop nicht zum Präpariren benutzt, so dürfte dieser Nachtheil, in Erwägung der größeren Vollkommenheit des auf diese Weise erzielten Bildes, nicht sehr in Betracht kommen, zumal da die mittleren Vergrößerungen, von 200—400 mal, noch ohne Deckglas zu gebrauchen sind, und erst die allerstärksten Objective einen so kurzen Abstand besitzen, daß ein sehr dünnes Deckglas nothwendig wird.

Außer den eigentlich optischen Theilen des Mikroskopes, d. h. außer den Objectiven und den Ocularen, ist auch das Stativ desselben nicht unwesentlich. Ein gutes Mikroskopstativ muß feststehen, einen großen, womöglich festen Tisch, dann eine genau gearbeitete und zwar doppelte Einstellung und vor allem einen zweckmäßig eingerichteten Beleuchtungsapparat besitzen.

Die hohen Stative der älteren Mikroskope sind jetzt mit Recht aus dem Gebrauch gekommen, da es für jede länger dauernde Untersuchung wünschenswerth ist, am Instrument sitzend beobachten zu können. — Das wegen der Form seines Fusses als Hufeisenstativ bekannte Gestell der großen Mikroskope OBERHÄUSERS ist, seiner soliden und überaus zweckmäßigen Einrichtung halber, gewissermaßen das Normalstativ für die großen Instrumente der neueren deutschen und französischen Optiker geworden und von diesen entweder ganz unverändert, oder mit geringen Modificationen nachgebildet worden, und es verdient mit Recht den entschiedenen Vorzug vor allen mir bekannt gewordenen Stativen. Der Tisch des letzteren ist sammt dem Mikroskoprohr vertical um seine Achse drehbar, sonst aber durchaus unbeweglich und wird diese Drehung des Tisches sowohl bei schief durchfallendem Lichte, als auch für auffallendes Licht von großem Einfluß. Die Stative der großen englischen Mikroskope sind dagegen zu complicirt und für die wirkliche Untersuchung unbequem; man sieht, daß sie weniger für die Beobachtung, als für die Vergleichung schwieriger Prüfungsobjecte unter mancherlei Finessen der Beleuchtung bestimmt sind.

Eine einfache, sogenannte grobe Einstellung des Mikroskopes, sie mag nun durch Zahn und Trieb, wie bei den Instrumenten von SCHIEK, PLÖSSL, AMICI und NOBERT, oder durch Verschiebung des

Rohres in einer Hülse wie bei OBERHÄUSER, BÉNÈCHE, WAPPENHANS, MERZ, NACHET, SCHRÖDER, HASERT und ZEISS erreicht werden, hat immer etwas unbequemes. Die Einstellung durch Zahn und Trieb ist dazu selten, mit Ausnahme von SCHIEK, hinreichend genau gearbeitet; die sanfte Verschiebung des Rohres mit der Hand erfordert dagegen schon einige Uebung. Die besten Mikroskope der neueren Zeit sind deshalb sämmtlich, aufer der so oben genannten (groben) Einstellung, noch mit einer Mikrometerschraube zur feineren Einstellung versehen. Bei allen älteren, mir bekannten Mikroskopen war für diesen Zweck der Objecttisch selbst beweglich und ward durch die Mikrometerschraube dem Objectiv genähert oder entfernt. Nur OBERHÄUSER gab seinen gröfseren Mikroskopen einen nach auf- und abwärts unbeweglichen Tisch, die Mikrometerschraube hob oder senkte dagegen das Rohr, welche Einrichtung unbedingt vorzüglicher ist und jetzt auch vielfach Nachahmung gefunden hat. Sämmtliche Mikroskope von SCHIEK, desgleichen die kleineren Instrumente von BÉNÈCHE sind mit einer, allerdings der Theorie nach fehlerhaften, feineren Einstellung versehen, die sich jedoch in der Praxis einigermaßen bewährt. Der hinreichend grofse Objecttisch ist nämlich, nach dem Vorbild von NOBERT, durch zwei feine Spitzen, gewissermaßen wie eine Klappe, an der Säule des Stativs beweglich aufgehängt. Indem die Stellung des Tisches zur Säule des Stativs sich vermittelt einer Schraube etwa von  $88^{\circ}$  bis  $92^{\circ}$  verändern läfst, wird der Gegenstand dem Objectiv genähert oder entfernt. Das Bild schlottert bei guter Arbeit nicht; der Tisch ist hinreichend fest und der früheren Einrichtung dieser Mikroskope, deren nach auf- und abwärts bewegbarer Tisch weniger Festigkeit besafs<sup>1)</sup> vorzuziehen. Bei längerem Gebrauch des Mikroskopes zeigt aber auch diese Einrichtung ihre grofsen Mängel und bleibt das von OBERHÄUSER befolgte Princip das einzig Richtige; ZEISS hat dasselbe für alle und selbst für die kleinen Mikroskope angenommen.

Zum Beleuchtungsapparat gehören zunächst der Spiegel und die Blendungen, dann eine Beleuchtungslinse für Licht von oben bei undurchsichtigen Gegenständen anwendbar, desgleichen Vorrichtungen

<sup>1)</sup> Bei der Bewegung des Tisches nach dem Vorbild von NOBERT verbleibt die Tischplatte freilich nicht in paralleler Stellung zum Objectiv, was übrigens erst bei Anwendung starker Vergröfserungen störend wird und deshalb bei den kleinen Mikroskopen weniger in Betracht kommt. (Taf. I. Fig. 5.)

zur Concentrirung der vom Beleuchtungsspiegel ausgehenden Strahlen auf das durchsichtige Object der Beobachtung.

Wenn das Mikroskop, wie bei den grösseren Instrumenten gewöhnlich, einen Plan- und einen Hohlspiegel besitzt, so verwendet man den ersteren für schwache Vergrößerungen. AMICI benutzt nur einen Planspiegel, über demselben jedoch eine, sowohl in der Höhe als seitlich verschiebbare Sammellinse; sein Spiegel kann demnach ohne oder mit der Sammellinse, als Plan- oder als Hohlspiegel, wirken. Bei den neuesten Instrumenten dieses Optikers ist Spiegel und Sammellinse durch ein Glasprisma mit gewölbten Flächen ersetzt. Durch ein Auf- und Abwärtsschieben der Sammellinse oder des Prismas kann der Brennpunkt unter, auf oder über den Gegenstand geworfen und dadurch die Intensität des Lichtes vermehrt oder vermindert werden, was OBERHÄUSER durch Auf- und Abwärtsschieben des Hohlspiegels erreicht. Sein großes Hufeisenstativ besitzt einen Planspiegel und einen Hohlspiegel; ebenso die großen Instrumente von NACHET, BÈNÈCHE, WAPPENHANS, SCHRÖDER, HASERT und ZEISS, deren Spiegel auch bei den grösseren Mikroskopen auf- und abwärts beweglich ist.

Die Cylinderblendungen, welche zuerst von OBERHÄUSER eingeführt wurden, verdienen unbedingt den Vorzug vor allen übrigen Vorrichtungen zur allmäligen Dämpfung des Lichtes. Am unzulässigsten sind dagegen die drehbaren Scheibenblendungen, wenn selbige in bedeutender Entfernung, oftmals fast einen Zoll, unterhalb des Gegenstandes angebracht sind. ZEISS dagegen hat in sehr sinnreicher Weise bei seinen mittleren und kleinen Stativen eine glockenförmige Blendungsscheibe, welche mit der gewölbten Seite nach oben gerichtet in den starken Metalltisch eingesenkt ist, angebracht, so daß die jedesmalige Oeffnung der Blendungsscheibe dicht unter der Objectplatte liegt. Unbequemer sind einfache in der Mitte durchbohrte Platten, welche man in die Oeffnung des Tisches, unmittelbar unter das Objectglas legt. Die Blendungsöffnungen, welche dicht unter dem Objectglase liegen, müssen schon der Theorie nach ungleich kleiner als die Oeffnungen der entfernter gelegenen Blendungen sein. Sie concentriren dafür das nöthige Licht unweit besser auf den Gegenstand und gewähren überdies die große Annehmlichkeit, daß man kleine Gegenstände unmittelbar über ihre Oeffnung legen kann und sich dadurch das oftmals zeitraubende Suchen des Gegen-

standes unter dem Mikroskop wesentlich erleichtert. Der größte Vortheil der Cylinderblendungen besteht jedoch in ihrer Verschiebbarkeit nach abwärts. Je nachdem man dieselben nämlich der Objectplatte nähert, oder von ihr entfernt, verstärkt oder dämpft man das Licht eben so allmählig, was bei sehr zarten Gegenständen oftmals sehr wichtig wird. Bei Mikroskopen ohne solche Blendungen muß man sich zur allmählichen Dämpfung des Lichtes durch Beschatten mit der Hand zu helfen suchen. Die Oeffnung der benutzten Blende muß immer der Vergrößerung angemessen sein; bei schwachen Vergrößerungen benutzt man weite Oeffnungen, bei starken sind dagegen enge vorgeschrieben. Wenn man sehr schief durchfallendes Licht anwendet, so müssen die Blendungen ganz entfernt werden, damit der Tisch ein weites Loch erhält, und die schief einfallenden Lichtstrahlen den Gegenstand noch erreichen können, wofür in manchen Fällen noch ein Blendungsapparat, der nur die vom Spiegel kommenden Strahlen zum Object gelangen läßt, von Einfluß ist; HASERT benutzt einen solchen für die großen Mikroskope und BÉNÈCHE ist ihm darin nachgefolgt. Einem geübten Beobachter wird es zwar selten begegnen, daß ihm für denselben Gegenstand ein Wechseln der Blende wünschenswerth wird; OBERHÄUSER'S großes Stativ ist übrigens auch für diesen Fall zweckmäßig eingerichtet, indem die Blendungen vertauscht werden können, ohne daß man den Gegenstand selbst zu verschieben genöthigt ist. Die Blendungsscheibe nach ZEISS kann zwar die Cylinderblendungen nicht ganz ersetzen, sie gewährt dagegen den Vortheil der Dämpfung des Lichtes von einer Seite her, wenn die Oeffnung derselben außer der Achse des Rohres liegt. (Taf. I. Fig. 7.)

Bei den älteren Mikroskopen war der Hohlspiegel zwar nach mehreren Richtungen, jedoch immer nur innerhalb der Achse des Rohres beweglich und eine Beleuchtung mit schief durchfallendem Licht deshalb nur innerhalb sehr beschränkter Grenzen möglich. AMICI zeigte zuerst die Wichtigkeit einer solchen Beleuchtung für manche Fälle und OBERHÄUSER vervollkommnete diese Einrichtung, indem er die verticale Drehung des Tisches um seine Achse hinzubachte und dadurch Gelegenheit gab, das schief durchfallende Licht in jedem beliebigen Winkel auf den Gegenstand wirken zu lassen. Was OBERHÄUSER durch die Verschiebbarkeit des Spiegels außerhalb der Achse des Rohres und durch die Drehung des Tisches erreichte,

suchte NACHET durch das Prisme oblique, welches er zwischen Spiegel und Objecttisch, um seine Achse drehbar, anbrachte, zu erlangen und wirklich leistet dieser Apparat bei geeigneten Objecten, z. B. den Flügelschuppen des Weibchens der Hipparchia Janira u. s. w., sehr gute Dienste, auch ist derselbe für alle gröfseren Stative anwendbar. Die von NOBERT erfundene Sammellinse, welche an der unteren Seite plan, an der oberen dagegen am Rande convex und in der Mitte concav geschliffen ist, hat eine ähnliche, aber schwächere Wirkung wie das Prisme oblique; für selbige ist jedoch, weil sich die Lichtstrahlen auf dem Gegenstande kreuzen, nicht wie bei letzterem eine bestimmte Lage des Gegenstandes zum Beleuchtungsapparate geboten, und zeigen mehrere Schuppen der Hipparchia Janira, deren Richtung eine verschiedene ist, gleichzeitig die zarten Querstreifen, während bei dem schief durchfallenden Licht, es sei nun durch Verschiebung des Spiegels auferhalb der Achse, oder durch das Prisme oblique erhalten, nur diejenige Schuppe deutliche Querstreifen zeigt, deren Längstreifen dem schief durchfallenden Licht parallel vorlaufen, wo mithin das Licht im rechten Winkel gegen die Querstreifen fällt<sup>1)</sup>.

Die Verschiebbarkeit des Spiegels auferhalb der Achse des Rohres ist für jedes ältere Instrument, mit Ausnahme der kleinen Stative nach OBERHÄUSER und des Trommelstativs, leicht einzurichten; es bedarf dazu nur eines etwa  $1\frac{1}{2}$  Zoll langen Metallarmes, an dessen einem Ende der Bogen, in welchem sich der Spiegel bewegt, drehbar und zwar in einer dem Brennpunkte des Spiegels angemessenen Höhe, ans Stativ befestigt wird. Sogar die kleinen Mikroskope der neuesten Einrichtung sind für schiefe Spiegelstellung eingerichtet.

Eine Beleuchtungslinse für undurchsichtige Gegenstände, die fast keinem Mikroskope fehlt, ist in der Regel, da ihr Durchmesser zu klein ist und sie selbst eine zu geringe Krümmung besitzt, wenig brauchbar; OBERHÄUSER giebt deshalb für seine neuen grossen Mikroskope eine Sammellinse von 8 Centimetres Durchmesser, die selbst bei trübem Himmel hinreichend Licht auf den Gegenstand concen-

<sup>1)</sup> Beide Apparate werden von ZEISS in Jena zu mäßigen Preisen geliefert (3 —  $4\frac{1}{2}$  Thlr.), wobei jedoch die Uebersendung des Mikroskopes, für das der Apparat bestimmt ist, nothwendig wird. Für Instrumente der neueren Einrichtung, mit einem auferhalb der Achse des Rohres beweglichen Spiegel, sind beide durchaus überflüssig.



trirt. Wenn man diese Linse, welche auf einem besonderen, schweren Stativ nach verschiedenen Richtungen drehbar ist, vor das Mikroskop stellt und selbige auf farbige Schmetterlingsflügel wirken läßt, so erhält man bei langsamer Drehung des Tisches um seine Achse, indem das Licht in verschiedenen Richtungen auf die Schuppen des Flügels fällt, die schönsten Farbenerscheinungen, desgleichen wirkt diese Sammel-linse bei Betrachtung opaker Gegenstände, in Verbindung mit der Achsendrehung des Tisches, nicht selten vortrefflich. Desgleichen kann man bei zarten, durchsichtigen Gegenständen bisweilen durch stark concentrirtes auffallendes Licht eine große Wirkung erreichen, und mit Objectiven, welche bei durchfallendem Licht noch keine Streifung der *Pleurosigma angulatum* zeigen, solche hervorrufen; wengleich von Farbenerscheinungen begleitet. (Alles von unten kommende Licht muß natürlich ausgeschlossen bleiben.)

Beleuchtungsapparate zur Concentrirung des durchfallenden Lichtes auf durchsichtige Gegenstände werden nur selten Anwendung finden, sind aber als Zugabe der großen englischen Mikroskope bekannt. Unter diesen besteht der achromatische Condensator aus einem Objectivsystem, welches unter die Oeffnung des Tisches angebracht, den vom Spiegel ausgehenden Lichtkegel auf den Gegenstand concentrirt. Derselbe mag zur Betrachtung schwieriger Test-objecte, z. B. der *Pleurosigma angulatum*, hier und da von Wirkung sein, indem er bei Lampenbeleuchtung für gerades Licht schon Details sichtbar macht, die mit denselben Objectiven und gewöhnlicher Tagesbeleuchtung erst durch schiefes Licht gesehen werden. Allein die sehr guten Objective bedürfen seiner Hülfe nicht und eben so überflüssig sind, meines Erachtens, auch die meisten anderen Beleuchtungs-Vorrichtungen, mit welchen die Engländer ihre großen Mikroskope ausrüsten<sup>1)</sup>.

Der Tisch des Mikroskopes muß, wie schon erwähnt, hinreichend groß und möglichst fest sein; seine Fläche muß glatt, ohne vorstehende Schrauben und ohne festsitzende Klammern zum Festhalten der Präparate u. s. w. sein. Selbst der sogenannte Schlitten, eine Vorrichtung, welche mit Hülfe feiner Stellschrauben das Object unter dem Mikroskop verschiebt, wird für jeden geübten Beobachter

---

<sup>1)</sup> Der achromatische Condensator wird auf Verlangen von BÉNÉCHE für 25 Thaler gefertigt.

nur störend wirken. Für einzelne Fälle sind dagegen zwei Federklammern, welche in den Tisch gesenkt werden, zum Festhalten der Objecttafel nothwendig.

Als Messapparat benutzt man das sogenannte Schraubenmikrometer und das Glasmikrometer, und haben beide ihre Vorzüge und ihre Nachtheile; SCHIEK, PLÖSSL und NOBERT geben in der Regel Schraubenmikrometer; AMICI, OBERHÄUSER, BÉNÉCHE, WAPPENHANS NACHET und ZEISS liefern Glasmikrometer. Die Anwendung des Schraubenmikrometers ist etwas zeitraubend, weil man mindestens 7—8 Messungen mit verschiedenen Stellen der Schraube vornehmen und daraus das Mittel berechnen muß. Das im Ocular liegende Glasmikrometer, welches OBERHÄUSER auf Verlangen beigt, ist sehr genau getheilt, und wie mir scheint für jede mikroskopische Messung, die ohnehin niemals absolut genau sein wird, ausreichend. Die Messung selbst ist einfach; man zählt die Theilstriche und berechnet das Gefundene auf die bekannte Vergrößerung. Das Schraubenmikrometer ist außerdem eine sehr theuere Zugabe des Mikroskopes, und wird unter 40 Thaler kaum geliefert; ein Ocular mit Glasmikrometer kostet dagegen 8—12 Thaler.

Als nöthige Zugaben für das Mikroskop betrachte ich nur noch die Objectträger, deren Größe und Gestalt dem Objecttisch angemessen sein und die aus blasenfreiem, reinem, nicht zu dickem Spiegelglas bestehen müssen; ferner die Deckgläser, die jetzt sehr gut und von verschiedener Dicke in England geblasen werden. Die geschliffenen Deckgläser sind zwar, wenn sie gut polirt sind, vorzuziehen, dafür aber auch ungleich theurer. Die Dicke der Deckgläser muß den Anforderungen der Objective entsprechen. Alle übrigen Zugaben, z. B. kleine bewegliche, auf dem Objecttisch zu befestigende Zangen und Nadeln, sind überflüssige Spielereien. Eben so werthlos sind auch die unter Glimmer in Holzfassung aufbewahrten sogenannten Probeobjecte. Wer ein gutes Mikroskop besitzt und wem es Ernst ist damit zu arbeiten, der muß binnen kurzem selbst so viel Geschicklichkeit erlangen, daß er sich Gegenstände zu präpariren versteht. Als Probeobjecte, welche keinem guten Mikroskope fehlen sollten, bezeichne ich dagegen die Schuppen des Weibchens von Hipparchia Janira, ferner für die größten und besten Mikroskope einige Diatomeenpanzer, z. B. die *Pleurosigma angulatum*, *Grammatophora subtilissima* und *Nitzschia sigmoidea*. Ein Mikroskop,

das bei gehöriger Vergrößerung und Beleuchtung und bei richtiger Einstellung hier dasjenige leistet, was ich von ihm verlange, bedarf keiner weiteren Empfehlung; ein Instrument dagegen, welches hier nicht Stich hält, ist für schwierige Untersuchungen unzureichend.

Die besten zusammengesetzten Mikroskope werden, soviel mir bekannt, gegenwärtig von AMICI in Florenz, BELTLE und REXROTH (KELLNER's Nachfolger) in Wetzlar, BÉNÈCHE in Berlin, HARTNACK (OBERHÄUSER'S Nachfolger) in Paris, HASERT in Eisenach, NACHET ET FILS in Paris, NOBERT in Greifswald, PLÖSSL in WIEN, SCHIEK in Berlin, SCHRÖDER in Hamburg, WAPPENHANS in Berlin und ZEISS in Jena gefertigt. Aber auch aus anderen Werkstätten, die mir unbekannt geblieben, mögen mehr oder minder gute Mikroskope hervorgehen.

Die großen englischen Mikroskope von ROSS, desgleichen von SMITH u. BECK, beide in London, habe ich sowohl auf Madeira (1856), als auch in London selbst (1857) kennen gelernt, da es zum guten Ton der reichen Engländer gehört, ein Mikroskop zu besitzen. Diese Instrumente übertrafen meinen OBERHÄUSER, der mit BÉNÈCHE'schen Linsen neu armirt war, nicht. Ein neues großes Mikroskop von ROSS, im Besitz des Herrn Dr. G. WAGENER in Berlin, leistet allerdings sehr viel, wird aber sicherlich die neuen Objective von AMICI, BÉNÈCHE, HARTNACK und ZEISS nicht übertreffen. Da nun die englischen Mikroskope im Preise doppelt oder gar dreimal so hoch als die deutschen und französischen Instrumente stehen und überdies das Stativ derselben sehr unbequem und zum Gebrauch unpraktisch ist, so möchten sie in Deutschland wenig Eingang finden.

Ich arbeite noch immer mit dem großen Instrumente von OBERHÄUSER, welches seit 1849 in meinem Besitz ist, seitdem aber durch viele neue Objective und andere Vorrichtungen von BÉNÈCHE, SCHRÖDER, NACHET und HARTNACK wesentlich verbessert wurde. Ausserdem besitze ich kleinere Mikroskope von OBERHÄUSER, BÉNÈCHE und ZEISS und hatte vielfach Gelegenheit die Instrumente der übrigen von mir genannten Optiker zu prüfen und mit meinen Mikroskopen zu vergleichen.

OBERHÄUSER'S großes Hufeisenstativ (Fig. 1), welches von vielen Optikern für ihre großen Instrumente mehr oder weniger unverändert angenommen wurde, steht sehr fest, ist aber als Reisemikroskop etwas zu schwer. Man hat es nach dem Vorbilde der Engländer,

Fig. 1.

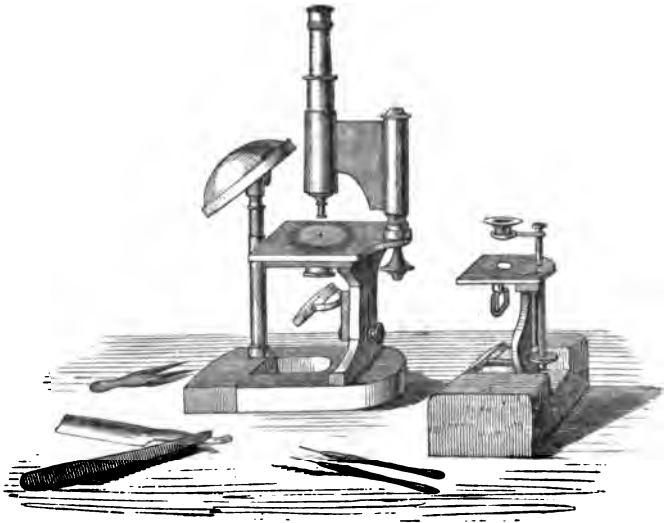
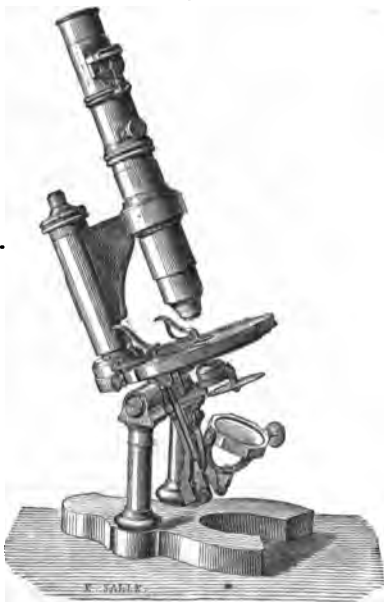


Fig. 2.



hier und da in sofern verändert, daß Tisch und Rohr auf einer drehbaren Achse ruhen, eine Einrichtung, welche auch NACHET seinem größten Mikroskope gegeben hat (Fig. 2).

Schon das ältere Mikroskop von AMICI in Florenz (Schleiden besitzt ein solches) ist in seinen optischen Theilen vortrefflich, in der Messingarbeit dagegen über alle Maßen schlecht. Das Stativ ist niedrig und deshalb zum Gebrauch bequem. Von den neuesten Instrumenten sind mir nur die kleinen Mikroskope im Preise von 70—80 Thaler bekannt, deren Stativ auf den Kasten geschraubt

Fig. 1. OBERHÄUSERS großes Stativ,  $6\frac{1}{2}$  fach verkleinert; zur Seite das einfache Mikroskop von ZEISS. — Fig. 2. NACHET's größtes Stativ. 5 mal verkl.

wird und eine sehr einfache Einrichtung besitzt. Der Spiegel und die Sammellinse werden hier durch ein Glasprisma mit gewölbten Flächen ersetzt. AMICI's Mikroskop zeichnet sich vor allen mir bekannten dadurch aus, daß jedes seiner Linsensysteme, um ein vollkommenes Bild zu geben, eines Deckglases von bestimmter, oft beträchtlicher, Dicke bedarf. Die stärksten Objective sind Wasserlinsen, welche von AMICI zuerst angewendet wurden und ein sehr scharfes und helles Bild gewähren. Dieselben zeigen schon bei geradem Lichte gleichzeitig alle drei Liniensysteme der *Pleurosigma angulatum*. (Man bringt einen Tropfen destillirten Wassers auf die untere Linsenfläche oder auf das Deckglas, damit das Objectivsystem durch eine Wasserschicht vom Deckglase getrennt ist.) Auch die kleinen Mikroskope sind mit einer Wasserlinse versehen.

Die Mikroskope von BELTLE (KELLNER's Nachfolger) in Wetzlar werden von verschiedenen Seiten sehr gerühmt. Mir selbst hat leider die Gelegenheit gefehlt, mich mit ihnen genauer bekannt zu machen.

BÉNÈCHE in Berlin (Tempelhoferstr. 90), welcher jetzt seine Werkstatt für alleinige Rechnung führt, hat ebenfalls nicht still gestanden, vielmehr durch zahlreiche Versuche seine Objective wesentlich verbessert; und darf ich wohl behaupten, daß sämtliche Objectivsysteme, die ich von ihm besitze (No. 4, 7, 8, 9 u. 11) zu den besten gehören, welche ich zu prüfen Gelegenheit hatte. Sie sind alle durch ein sehr hell und weiß erleuchtetes Gesichtsfeld und durch eine große Schärfe in den Linien ausgezeichnet und in Bezug auf die chromatische Aberration besser corrigirt als bei der Mehrzahl der übrigen Optiker. Die Systeme 4, 7, 8 u. 11 sind für gerades Licht, das System 9 dagegen ist für schiefes Licht bestimmt. Das letztere giebt mit dem ersten Ocular bei 250 Mill. Entfernung eine 260malige Vergrößerung und zeigt mit schiefem Licht die drei Liniensysteme der *Pleurosigma angulatum*, desgleichen die viel feineren Querlinien der *Nitschia sygmoidea* vortrefflich. Das System 11 dagegen, für gerades Licht, giebt mit dem ersten Ocular eine 304malige Vergrößerung, die wegen der Schärfe und Farbenfreiheit ihres Bildes sehr zu rühmen ist. BÉNÈCHE hat für seine größeren und mittleren Instrumente das große Stativ OBERHÄUSERS unverändert angenommen, die kleinen Mikroskope besitzen dagegen den beweglichen Tisch nach NOBERT (vgl. S. 11) und sind für schiefe Spiegel-

stellung eingerichtet (Taf. I. Fig. 5). Dieselben, mit zwei Objectiven und drei Ocularen versehen, gewähren eine Vergrößerung von 25–350mal und kosten 30 Thlr. Pr. C. Noch kleinere Instrumente, nach dem Vorbilde LEREBOURS in Paris construiert, wo die eine Seitenwand und der Boden des Kastens mit zum Stativ gehören, während der Kasten selbst, abgezogen, einem Schilderhaus vergleichbar ist, werden für 15 Thaler geliefert. Auch ist dasselbe Stativ im kleinen Maßstabe zu Taschenukroskopen, welche mit dem Kasten nur  $4\frac{1}{4}$  Zoll hoch und  $2\frac{1}{4}$  Zoll breit sind, verwendet worden. Das Rohr hat drei Auszüge und auch der Raum zwischen Spiegel und Tisch wird durch einen Auszug verlängert, wodurch das zur Beobachtung fertige Instrument eine Höhe von  $8\frac{1}{4}$  Zoll erreicht. Mit einem Objectivsystem (No. 7) und einem Ocular versehen, gewährt dasselbe eine mehr als 200malige Vergrößerung, für die es jedoch wünschenswerth erschiene, daß die Linien des einzigen Systems auch einzeln oder zu zweien combinirt zu benutzen wären. Der Preis beträgt 18 Thaler und ist dies Instrument, gleich dem, zusammengelegt noch auf einen kleineren Raum beschränkten, Taschenukroskop von NACHET für die Reise sehr bequem und noch zu mancher Untersuchung brauchbar.

OBERHÄUSERS Objective, welche sich durch ein lichtstarkes, sehr scharfes Bild auszeichneten, sind durch E. HARTNACK (Place Dauphine 21 à Paris) noch wesentlich verbessert worden, so zeigt das neue System 7, in der Vergrößerung stärker als das alte, bei schiefem Lichte schon die drei Liniensysteme der Pleurosigma angulatum, die mit den neuesten und stärksten Objectiven (No. 9 u. 10), welche nach dem Vorbilde von AMICI in einen Wassertropfen getaucht, zur Anwendung kommen, schon mit geradem Lichte, und zwar in sehr hoher Vergrößerung gesehen werden. Das System 10 gewährt mit dem ersten Ocular, bei 250 Mill. Entfernung mit der Camera lucida gemessen, eine 544malige Vergrößerung von großer Schärfe und Lichtstärke; es zeigt mit diesem Ocular bei vollkommen geradem Lichte gleichzeitig alle drei Liniensysteme des oben genannten Probeobjectes, selbst bei trübem Himmel, sogleich und mit großer Deutlichkeit, und löst bei schiefem Lichte auch die Liniensysteme viel schwierigerer Prüfungsobjecte, z. B. der Nitzschia sygmoidea und der Grammatophora, über welche ich später ausführlich reden werde. Es verträgt überdies noch starke Oculare, ohne an Deut-

lichkeit der Zeichnung wesentlich zu verlieren, ist aber nicht ganz farbenfrei, vielmehr mit einem blauen Schein behaftet. Der Preis des No. 9 beträgt 150 Fr., der des No. 10, 180 Fr. HARTNACK's Bestreben in der Verbesserung seiner Objective ist namentlich dahin gerichtet, bei einem schönen weissen Licht eine gleiche Schärfe des Bildes über das ganze Gesichtsfeld zu erzielen; auch unterscheidet er, was sehr zu loben ist, Objective für gerades und für schiefes Licht. Die Messingarbeit ist wie früher vortrefflich. Die grossen Mikroskope sind gewöhnlich mit den Systemen 4, 7, 8 u. 9 oder 10 und den Ocularen 1—5 ausgerüstet, sie kosten je nach Beigabe der Nebenapparate 700—1000 Fr. Der grosse um seine Achse drehbare Tisch, der sehr zweckmässig angebrachte Spiegel und der nicht minder zweckmässig construirte Blendungsapparat leisten in Verbindung mit den vortrefflichen optischen Theilen des Mikroskopes etwas Ausgezeichnetes. Den Kasten des Blendungsapparates kann man zur Benutzung der verschiedenen Beleuchtungsapparate einrichten lassen und habe ich mit Hülfe desselben sowohl die NOBERT'sche Linse, als auch das Prisme oblique von NACHET angewendet (S. p. 10). Für Messungen ist eines der fünf Oculare mit einem sehr schönen Glasmikrometer versehen. — Mittlere Instrumente mit nicht drehbarem Tisch und den Objectivsystemen 4, 7 u. 9 und drei Ocularen, deren eines mit Glasmikrometer, kosten 375 Fr. und sind mit Recht sehr beliebt. Auch die kleinen Mikroskope dieser Werkstatt sind preiswürdig, doch läßt das trommelartige Stativ keine Verschiebung des Spiegels ausserhalb der Achse des Rohres zu und ist der Tisch der kleinsten Sorte zu 100 Fr. etwas zu schmal, weshalb die zweite Sorte (No. 2 des neuen Preiscourants) zu 115 Fr. den Vorzug verdient; beide besitzen zwei Objectivsysteme und zwei Oculare und vergrössern bis 300 mal.

Die Mikroskope von HASERT in Eisenach, welche ich vor drei Jahren zu sehen Gelegenheit hatte, leisteten bei schiefer Beleuchtung Außerordentliches, sie lösten die Streifensysteme der schwierigsten Probeobjecte, als *Pleurosigma angulatum*, *Grammatophora subtilissima* und *Nitzschia sygmoidea* vortrefflich, gaben jedoch bei geradem Licht ein mangelhaftes Bild. Der Messingarbeit des Stativs, das nach dem Vorbild OBERHÄUSERS construiert war, fehlte damals noch die Eleganz und Sorgfalt der Arbeit. — In No. 25 der botanischen Zeitung von 1861 kündigt HASERT selbst seine Mikroskope als diejenigen an,

„welche die besten deutschen, englischen u. s. w. in ihrer Leistungsfähigkeit übertreffen.“ Das grösste Instrument mit drehbarem Tisch, drei Ocularen und drei starken Objectivsystemen wird zu 120 bis 130 Thaler, das kleine mit zwei Ocularen und zwei Objectivsystemen zu 50 Thaler berechnet<sup>1)</sup>.

NACHET ET FILS in Paris (16 Rue Serpente) liefern vortreffliche Mikroskope, welche mir auch in ihrer neuesten Einrichtung zwar nicht alle, aber doch theilweise bekannt geworden. Das grösste Stativ (s. Fig. 2. p. 14) entspricht im Allgemeinen dem Hufeisenstativ von OBERHÄUSER und besitzt wie dieses einen um seine Achse drehbaren Tisch, dazu dieselbe grobe und feine Einstellung; unterscheidet sich aber in dem Arrangement des Spiegels und in der Einrichtung der Blendungen. Tisch und Rohr ruhen beweglich auf einer von zwei starken Säulen getragenen Achse, wodurch eine Neigung des Rohres ermöglicht wird. Das Mikroskoprohr besitzt ausserdem eine Einrichtung zum seitlichen Einschieben des Glasmikrometers in sämtliche Oculare. Mit acht Objectivsystemen (0—7), von denen die vier letzten Correction für Deckgläser von verschiedener Stärke besitzen (Objectifs à corrections), drei Ocularen, einem Ocularmikrometer und einem Objectivmikrometer, einer Sammellinse für undurchsichtige Gegenstände, einem Goniometer, einem Polarisationsapparat, einem Compressorium und verschiedenen Beleuchtungsapparaten u. s. w., ist der Preis auf 1150 Fr. gestellt. — Mit 6 Objectivsystemen ohne Correction (0, 1, 2, 3, 5 u. 7), drei Ocularen, Ocular- und Objectivmikrometer, Sammellinse, Beleuchtungsapparate für directes und für schiefes Licht, einer Camera lucida u. s. w. wird dagegen dasselbe Stativ für 635 Fr. berechnet.

Das zweite grosse Stativ (No. III des Preisourants) ist ein Trommelstativ, wie es früher auch von OBERHÄUSER angewendet wurde. Mit fünf Objectivsystemen ohne Correction (1, 2, 3, 5 u. 7), drei Ocularen und verschiedenen anderen Apparaten kostet dasselbe 490 Fr., wird aber im kleineren Mafsstabe (als No. IV) für 360 Fr. geliefert. Die kleinen Mikroskope werden sowohl mit als ohne Horizontalstellung des Rohres gefertigt und kosten mit drei Objectivsystemen (1, 3 u. 5) und drei Ocularen im ersten Falle (Fig. 3)

<sup>1)</sup> HASERT kündigt drei Objectivsysteme an. No. 1, welches dem  $\frac{1}{12}$  der Engländer entspricht, zu 45 Thlr. No. 2, dem  $\frac{1}{3}$  der Engländer gleich, zu 40 Thlr. und No. 3, im Focus dem  $\frac{1}{4}$  der Engländer entsprechend, zu 35 Thlr.

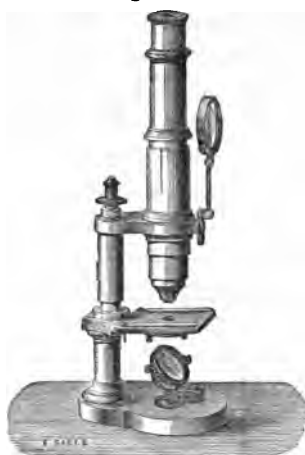


190 Fr., im andern (Fig. 4) dagegen 165 Fr. Außerdem führt NACHET noch ein Stativ, welches sowohl als einfaches, als auch als zusammengesetztes Mikroskop angewendet werden kann und als No. X des

Fig. 3.



Fig. 4.



Preiscourants zu 120 Fr. aufgeführt ist (Fig. 5) (Microscope à dissection et d'observation). Dasselbe besitzt zwei Objectivsysteme

Fig. 5.

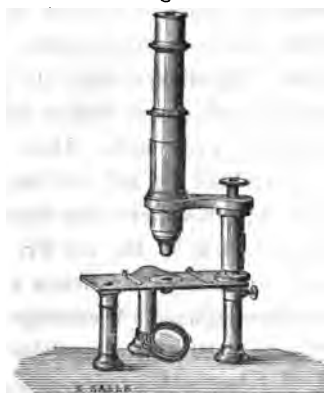


Fig. 6.

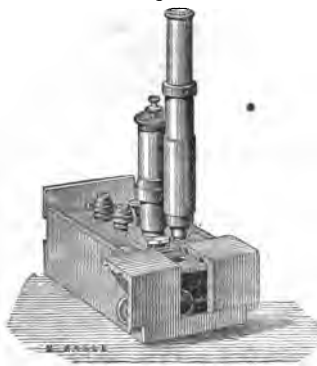


Fig. 3. Kleines Mikroskop mit Horizontalstellung. 5 mal verkleinert.  
 Fig. 4. Kleines Mikroskop ohne Horizontalstellung. 5 mal verkleinert.  
 Fig. 5. Microscope à dissection et d'observation. 6 mal verkleinert.  
 Fig. 6. Microscope de poche. 4 mal verkleinert.

(1 u. 3), ein Ocular und drei Doublets von verschiedener Vergrößerung. Der Arm, welcher das Compositum trägt, kann entfernt und mit dem Arm zur Aufnahme der Doublets vertauscht werden. Als einfaches Mikroskop allein wird es mit 50 Fr. berechnet. Endlich ist das Taschenmikroskop (*Microscope de poche*) (Fig. 6), welches zusammengesetzt ein Kästchen von 90 Mill. Länge und 50 Mill. Breite bildet, sehr compendiös eingerichtet. Der Körper des Mikroskopes wird auf den Deckel des Kastens geschraubt, von dem ein, durch zwei Schieber verschließbarer, Theil den Objecttisch bildet, unter welchem, im Kasten selbst, der Spiegel angebracht ist. Das Mikroskop hat doppelte Einstellung, ist mit drei Objectivsystemen (1, 3 u. 6) und einem Ocular versehen und wird mit 180 Fr. berechnet.

Außerdem fertigt NACHET noch ein besonderes Mikroskop für chemische Untersuchungen (*Microscope renversé*), bei welchem der

Fig. 7.



Beleuchtungsspiegel über und das Objectivsystem unter dem Objecttisch angebracht ist (Fig. 7), damit die Dämpfe der Säuren u. s. w. die Linsen nicht beschädigen können. Der Körper des Mikroskopes wird, zum Wechseln der Objective, mittelst eines Schlittens unter dem Tisch hervorgezogen. Mit vier Objectivsystemen (0, 1, 3 u. 5) und einem Ocular ist es zu 350 Fr. notirt. Auch ein

Mikroskop, welches für beide Augen berechnet ist und die Gegenstände mehr körperlich wiedergeben soll, wird als *Microscope binoculaire* (Fig. 8) mit drei Objectivsystemen (0, 1 u. 3) für 400 Fr. geliefert. Desgleichen werden von NACHET Mikroskope, an denen zwei oder drei Personen gleichzeitig beobachten können (*Microscopes à deux et Microscopes à trois corps*) (Fig. 9 u. 10), mit den Objectivsystemen 0, 1 u. 3 für 300 Fr. gefertigt. Bei den beiden letztgenannten wird die feine Einstellung für das Auge des einzelnen Beobachters durch Entfernung des Oculars von dem Objectivsystem bewirkt. Das

Fig. 7. *Microscope renversé*. 5 mal verkleinert.

für zwei Personen bestimmte Instrument kann, nach der Stellung des Prisma's, das Bild sowohl in umgekehrter, als auch in richtiger Lage darstellen, während das für drei Beobachter eingerichtete

Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Mikroskop nur richtige, d. h. nicht umgekehrte, Bilder giebt. Von den vier zuletzt genannten Instrumenten habe ich nur die beiden ersten selbst gesehen. Das Mikroskop für chemische Zwecke ist durch die Art der Beleuchtung sehr im Nachtheil und das für stereoskopische Bilder zunächst auf schwache Vergrößerungen berechnet. Die beiden letzten Mikroskope aber können für Demonstrationen brauchbar sein, im Allgemeinen aber werden sie, schon vermöge ihrer Einrichtung, ein minder vollkommenes Bild als die Mikroskope mit einem Tubus gewähren.

NACHET unterscheidet zwei Klassen der Objectivsysteme: Objectifs ordinaires und Objectifs à corrections und berechnet die letz-

Fig. 8. Microscope binoculaire. 6mal verkleinert.

Fig. 9. Microscope à deux corps. 7mal verkleinert.

Fig. 10. Microscope à trois corps.

teren, bei denselben Nummern (3 bis 8), im Preise mehr als doppelt so hoch. Die einfachen kosten 20 bis 80 Fr., die mit Correction versehenen dagegen 50 bis 180 Fr. Das System 8 ist eine Wasserlinse, die aber auch trocken Anwendung findet. Leider habe ich die allerneuesten Objective dieser Art nicht mit HARTNACK's Wasserlinsen vergleichen können<sup>1)</sup>.

NOBERT's Mikroskop hat sehr schöne Gläser und nicht minder vortreffliche Mefsapparate. Der Objecttisch ist eigenthümlich, er hängt mit zwei Stiften, wie eine Klappe in einer Angel beweglich, an der Stange des Stativs. Es hat mir die Gelegenheit gefehlt, neue Instrumente dieses Optikers zu sehen, ich kann deshalb nicht sagen, ob derselbe in der Verbesserung seiner Objective mit den mir bekannten Werkstätten gleichen Schritt gehalten und ob die kleinen Mängel seines Stativs verbessert sind. NOBERT's Glasmikrometer sowie dessen Linienplatte zur Prüfung der definirenden Kraft der Mikroskope sind jedenfalls empfehlenswerth.

FLÖSSL in Wien soll in neuester Zeit seine Mikroskope und auch deren Stativ wesentlich verbessert haben, doch kann ich aus eigener Anschauung nicht über selbige berichten<sup>2)</sup>.

Die Mikroskope von SCHIEK in Berlin (Marienstraße 1a) haben ihren alten Ruf dauernd bewährt und sind die Objective dahin verbessert worden, daß sie jetzt gleichfalls bei schiefem Lichte die drei Streifensysteme auf der Pleurosigma angulatum auflösen. Im Allgemeinen aber ist das frühere Princip, schwächere Objective mit stärkeren Ocularen anzuwenden, beibehalten<sup>3)</sup>. Der Abstand der Objective vom Gegenstande der Betrachtung ist dadurch etwas größer als bei der Anwendung starker Objective mit schwachen Ocularen geworden und namentlich ist durch das weitere Rohr und die stärkeren Oculare ein größeres Gesichtsfeld gewonnen, was für manche Fälle allerdings angenehm ist, im Allgemeinen aber kaum als Vorzug gelten kann, weil der Rand des Gesichtsfeldes einer anderen Einstellung als die Mitte bedarf. Die Messingarbeit ist bei SCHIEK überall vortrefflich und sind die kleinen und mittleren Mikroskope preis-

<sup>1)</sup> NACHET hat mit lebenswürdiger Bereitwilligkeit mir die Holzschnitte aus seinem Preiscourant zur Benutzung mitgetheilt.

<sup>2)</sup> Die neuesten Preiscourante von NOBERT, SCHIEK, FLÖSSL und WAPPENHANS sind mir nicht zur Hand, die früheren Preise aber in der zweiten Auflage nachzusehen.

<sup>3)</sup> Man vergleiche S. 5.

würdig und sehr zu empfehlen. Die Stative der größeren Mikroskope werden nach Verlangen sowohl als Stangenstativ, als auch nach OBERHÄUSERS Modell geliefert.

Auch HUGO SCHRÖDER in Hamburg (Holländischer Brook 31), der erst in den letzten Jahren bekannt geworden, verspricht viel und fehlt es ihm offenbar nur an dem guten Rath und der Unterstützung tüchtiger Mikroskopiker. Seine starken Objective laboriren noch an einem allzu kurzen Abstand, so daß das stärkste derselben No. 3 mit einem Oeffnungswinkel von angeblich  $175^\circ$  nicht mehr die allerdünnsten Deckgläser verträgt. Durch eine Correctionslinse, welche gegen die obere Linse vertauscht wird, kann man es zwar für die gewöhnlichen Deckgläser brauchbar machen, es verliert aber durch diesen Tausch bedeutend an seinem Werthe, und zeigt dann bei schiefem Licht die Streifen der Pleurosigma angulatum nicht mehr mit der vorigen Schönheit. Das System 3 entspricht etwa dem System 11 von BÉNOCHE, kommt letzterem aber für gerades Licht nicht gleich. SCHRÖDER unterscheidet stark definirende und stark penetrirende Objective, welche letztere durch einen großen Abstand vom Object ausgezeichnet sind. Es führt dreierlei Oculare, einfache, orthoscopische und aplanatische, von denen die beiden zuletzt genannten sehr empfehlenswerth. Die Stative von verschiedener Größe sind denen OBERHÄUSERS ähnlich, aber kleiner und leichter gebaut, desgleichen ist der Tisch der größten Art vertical um seine Achse drehbar, der Preis richtet sich je nach der Zahl und Art der Objectivsysteme und Oculare, welche verlangt werden. Das größte Stativ mit einem System und zwei orthoscopischen Ocularen wird mit 60 Thlr. berechnet<sup>1)</sup>.

WAPPENHANS (Besselstraße 18, Berlin), welcher noch das ältere Princip verfolgt, und die Vergrößerung mehr durch das Ocular gewinnt, liefert Instrumente, die in ihren optischen Leistungen den Mikroskopen SCHIEK's am nächsten stehen; die Bilder sind scharf, aber nicht ganz farbenfrei. Indefs darf ich über die neuesten Instrumente dieses Optikers mir kein Urtheil erlauben. Nach Verlangen giebt derselbe sowohl das große Stativ nach OBERHÄUSER, als auch das Stangenstativ nach SCHIEK. Die kleineren Instrumente (zu 50 Thlr. Pr. Cour.) haben den Tisch nach NOBERT und eine gut construirte

<sup>1)</sup> Die penetrirenden Systeme (1—3) stehen im Preise höher als die definirenden (1—6). Die sehr schönen orthoscopischen Oculare (1—4) sind à Stück mit 6 Thlr. notirt. Das penetrirende System 3 kostet 80 Mk. = 32 Thlr.

Einrichtung für schiefe Spiegelstellung. Die Vergrößerung dieser Mikroskope geht von 36—700mal. Noch kleinere Instrumente nach dem Vorbilde der kleinen Mikroskope von OBERHÄUSER kosten 35 Thlr.

CARL ZEISS in Jena, dessen einfache Mikroskope schon seit lange rühmlich bekannt sind, verfertigt in neuester Zeit auch Composita von vorzüglicher Güte, deren ich mehrere, von verschiedener Größe, zu prüfen Gelegenheit hatte. Seine zusammengesetzten Mikroskope zeichnen sich durch die Lichtstärke, Planheit und Schärfe des Bildes für alle Vergrößerungen aus und sind mit eben so zweckmäßig eingerichteten, als sorgfältig gearbeiteten Stativen versehen. Alle Mikroskope dieses Optikers besitzen einen festen, hinreichend großen Tisch und wird die Mikrometerbewegung aller durch die Tubussäule bewirkt<sup>1)</sup>. Das größte Stativ 0 entspricht dem großen Hufeisenstativ von OBERHÄUSER in seiner ganzen Einrichtung, es ist wie dieses mit einem um seine Achse drehbaren Tisch und mit Cylinderblendungen versehen und hat eine Höhe von 14 Zoll. Die Stativ I—IV dagegen (nach eigenen Modellen) besitzen entweder einen ringförmigen Fuß (I), einen Hufeisenfuß (III), oder einen runden Fuß (II u. IV) und sind alle mit gewölbter Scheibenblende ausgestattet (Taf. I. Fig. 7A). Der Spiegel kann bei I—III sowohl seitlich, als auch nach vorn außerhalb der Achse des Rohres bewegt werden, wodurch ein weites Feld für sehr verschiedene Spiegelstellungen gegeben ist. Das Stativ I hat eine Höhe von 12½ Zoll und das Stativ III, welches ich auf Taf. I als Fig. 7 abgebildet habe, ist 10 Zoll hoch.

Auch das kleinste Stativ IV mit einer einfacheren, nur seitlich aus der Achse des Rohres beweglichen Spiegeleinrichtung, ist noch für die stärksten Objectivsysteme anwendbar, wodurch sich die kleineren Mikroskope des Herrn ZEISS von denen anderer Optiker vortheilhaft unterscheiden. Die schwächeren Objectivsysteme A, B u. C sind außerordentlich lichtstark und bedürfen deshalb in vielen Fällen starker Abblendung, gewähren aber alsdann mit den schwachen Ocularen ein eben so planes als scharfes und farbenfreies Bild. Das

<sup>1)</sup> Diese Bewegung geht auch bei den kleinsten Stativen sehr sanft und ist bei gerader Beleuchtung kaum eine Verschiebung des Bildes bemerkbar; bei schiefer Beleuchtung bewegt sich dagegen das Bild in der Richtung des durchfallenden Lichtes, auf welche optische Erscheinung ZEISS zuerst aufmerksam gemacht hat (Poggendorfs Annalen).

System *C*, aus drei Linsen zusammengesetzt, ist für zwei Vergrößerungen berechnet und gewährt mit der oberen und unteren Linse und einem Zwischenstück mit Ocular 1 eine 50malige Vergrößerung, desgleichen ist die obere Linse des aus zwei Gläsern bestehenden System *A* als schwächste Vergrößerung (25mal) brauchbar. *C* zeigt schon mit dem Ocular 2 die Querstreifen der Schuppen von Hipparchia Janira (120mal) vortrefflich. Das System *D* gewährt für gerades Licht ein ganz vorzügliches, sehr helles und sehr scharfes Bild und zeigt bei nur wenig schiefer Beleuchtung die Querstreifen der genannten Hipparchia, welche mit dem System *F* schon bei vollkommen geradem Licht und in jeder Lage der Schuppe sehr schön gesehen werden. Das System *F* ist überhaupt sowohl für gerades als für schiefes Licht gleich ausgezeichnet und bewährt sich für den feinsten Pinus-Schnitt fast ebenso gut als für die Schale der Pleurosigma angulatum, deren drei Liniensysteme auf den größeren Schalen andeutungsweise schon bei gerader Beleuchtung gesehen werden, bei schiefem Lichte aber auf allen Schalen und in jeder Lage derselben gleichzeitig mit einer Schärfe und Klarheit hervortreten, welche von HARTNACK'S Wasserlinsen kaum übertroffen wird. Man sieht die hellen Sechsecke über die ganze fast plan erscheinende Schuppe und gleichzeitig den Rand und den Mittelstreifen derselben sehr schön gezeichnet. Das System *F*, zwar weniger lichtstark als *D* u. *E*, trägt noch die stärksten Oculare und löst bei schiefer Beleuchtung die Querstreifen der Nitschia sygmoidea und der Grammatophora subtilissima vortrefflich<sup>1)</sup>. Es verlangt, gleich dem System *D*, ein verhältnißmäßig dünnes Deckglas und giebt mit demselben die schönsten Bilder.

ZEISS überläßt die Wahl der Objectivsysteme und Oculare dem Besteller und berechnet die einzelnen Theile.

Das Stativ 0 (inclusive Kasten) kostet 55 Thlr.

”	”	I	”	”	”	27	”
”	”	II	”	”	”	18	”
”	”	III	”	”	”	15	”
”	”	IV	”	”	”	11	”

<sup>1)</sup> Die Grammatophora subtilissima, in Balsam liegend, konnte ich bis jetzt nicht mit demselben auflösen, wozu auch für die Wasserlinse No. 10 von HARTNACK eine sehr günstige Beleuchtung nothwendig. Gegen die Pleurosigma angulatum in Balsam verhält sich das System *F* wie die Wasserlinse, indem es alle drei Liniensysteme sowohl einzeln als gleichzeitig darstellt.

Das Objectivsystem	<i>A</i> ,	Vergrößerung	50—115 mal,	kostet	6 Thlr.
„	„	<i>B</i>	„ 75—150 mal	„	8 „
„	„	<i>C</i>	„ 80—200 mal	„	9 „
„	„	<i>D</i>	„ 160—740 mal	„	15 „
„	„	<i>E</i>	„ 240—900 mal	„	15 „
„	„	<i>F</i>	„ 330—1500 mal	„	20 „ <sup>1)</sup> .

Die Oculare 1—4 werden zu 2 Thlr. und die Ocularmikrometer (5 Mill. in 50 Theile) zu 3 Thlr. berechnet. Das kleinste Stativ IV wird ausnahmsweise mit einem Objectivsystem (*C*) und zwei Ocularen für 24 Thlr. geliefert, im übrigen gehören zu jedem bestellten Stativ mindestens zwei Objectivsysteme und zwei Oculare; Stative für sich werden nicht abgegeben und einzelne Objectivsysteme, zur Armirung fremder Mikroskope, mit 25 $\frac{1}{2}$  Zuschlag berechnet. Das Stativ III, welches ich mit den Objectiven *A*, *C*, *D* u. *F* und den Ocularen 2 u. 3 ausgerüstet besitze, hat eine Vergrößerung von 25 mal bis 950 mal und ist bei der Güte seiner Gläser und der Zweckmäßigkeit des Statives für alle nur vorkommenden Untersuchungen ausreichend, auch, seiner Kleinheit halber, als Reisemikroskop sehr empfehlenswerth. Der Kasten von polirtem Eichenholz mißt 7 $\frac{1}{2}$  Zoll in der Länge, 5 Zoll in der Breite und 3 $\frac{1}{2}$  Zoll in der Höhe<sup>2)</sup>.

Wer sich ein Mikroskop anschaffen will, der muß sich zunächst zwei Fragen beantworten: 1. wie hoch er im Preise gehen kann und will und 2. zu welchem Zweck er das Instrument bestimmt hat. — Einem Anfänger würde ich niemals die großen und sehr theureren Mikroskope empfehlen, weil selbige ihm nicht mehr als einfachere und billigere Instrumente nützen werden. Ebenso genügen für alle systematischen und morphologischen Untersuchungen, desgleichen für den Unterricht in Schulen, die kleinen Mikroskope mit 50—300maliger Vergrößerung. Wer dagegen schon zu untersuchen versteht und schwierige Fragen der Pflanzen- oder Thier-Anatomie und -Physiologie entscheiden will, der darf auch die größere Ausgabe nicht scheuen und werden für ihn die Mikroskope mit vollkommenerem Stativ und den besten Objectivsystemen nothwendig, jedoch möchten auch hier die kleinen Instrumente von ZEISS mit den Systemen *A*, *C*, *D* u. *F*, bei billigem Preise, vollkommen ausreichen.

<sup>1)</sup> Die Vergrößerungen von *A*, *B* u. *C* sind mit den Ocularen 1—3, die Vergrößerungen für *D*, *E* u. *F* dagegen für die Oculare 1—4 angegeben.

<sup>2)</sup> Das Mikroskop führt die No. 46 als Compositum und No. 524 der insgesamt von ZEISS gelieferten Mikroskope.

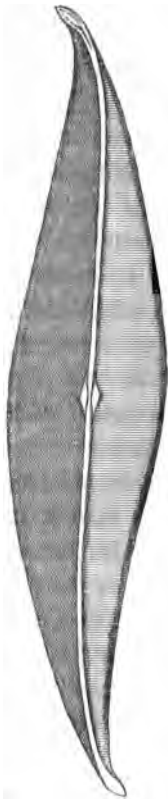


Es ist unendlich schwer, ja ich möchte lieber sagen fast unmöglich, in jetziger Zeit ein allgemein gültiges Urtheil über die Mikroskope der verschiedenen Werkstätten abzugeben, weil nicht mehr wie vormals die Herstellung guter Instrumente das Monopol einzelner Optiker ist und die zahlreichen Verfertiger dieses so wichtig gewordenen Werkzeuges mit einander in der Verbesserung desselben wetteifern. Ich habe deshalb auf den letzten Seiten nur das Urtheil aussprechen können, welches ich mir selbst nach sorgfältiger Prüfung über ganz bestimmte Instrumente verschiedener Officinen gebildet habe, und dieses Urtheil kann, da natürlich nicht alle Mikroskope derselben Werkstatt durchaus gleichmäßig ausfallen, auch nur für das von mir geprüfte Instrument maßgebend sein. Dazu gesellt sich noch der Umstand, daß man selten zwei oder mehrere Mikroskope neben einander unter durchaus gleichen Verhältnissen und mit demselben Probeobject vergleichen kann, sich vielmehr oftmals für den Vergleich mit genau bekannten Instrumenten auf sein Gedächtniß verlassen muß. Ich wage deshalb auch kein entscheidendes Urtheil, glaube indess nicht zu irren, wenn ich die Mikroskope von BÉNÈCHE, HARTNACK, NACHET und ZEISS für vorzüglich gut erkläre.

Die Güte eines Mikroskopes beurtheilt man am sichersten nach der Vergrößerung, bei welcher es die Details eines Gegenstandes deutlich zeigt; je schwächer diese Vergrößerung zu sein braucht, um so besser ist das Mikroskop. Ein gutes Mikroskop zeigt z. B. die Längsstreifen der Schuppen des Weibchens der Hipparchia Janira, bei 80facher, die Längsstreifen der Schuppen von Lepisma saccharinum dagegen schon bei 40facher Linearvergrößerung. Die Querstreifen der Hipparchia-Schuppen sehe ich bei schiefem Licht schon mit den Systemen 5—7 von HARTNACK und mit 7 von BÉNÈCHE, desgleichen mit C von ZEISS, bei kaum 200maliger Vergrößerung; sie liegen bei dieser Vergrößerung sehr nahe, weshalb eine genaue Einstellung nothwendig wird. Durch stärkere Objectivsysteme treten dieselben deutlicher hervor und müssen, wenn die letzteren recht gut sind, schon bei geradem Licht gesehen werden. Diese Querlinien müssen bei schiefer Spiegelstellung, wenn das Licht im rechten Winkel gegen dieselben fällt, als glatt gezogene, dicht neben einander liegende Linien, die sich mit den leistenartig hervortretenden Längsstreifen, und zwar auf diesen, kreuzen, erscheinen. (Die langen und hellen Schuppen sind die schwierigsten und deshalb vorzugsweise als Probe-

objecte zu wählen) (Taf. I. Fig. 16 und 17.) Wenn die Querstreifen nicht als scharfe Linien, sondern körnig oder unterbrochen erscheinen, so ist das Objectivsystem mangelhaft. — Auch die NOBERTSche Probeplatte, welche 15—30 Liniensysteme von allmählig zunehmender Feinheit besitzt, wird als Prüfungsobject empfohlen, indem die Zahl der gelösten Liniensysteme gewissermaßen den Werth des Objectivs

Fig. 11.



bezeichnet. Da aber das Urtheil über die vollständige und unvollständige Auflösung der letzten Liniensysteme mehr oder weniger individuell ausfällt und die Probetafel überdies sehr kostbar ist (30 Thaler), so sind verschiedene Diatomeen-Schalen vorzugsweise als Prüfungsobjecte in Anwendung gekommen. Die *Pleurosigma angulatum* (Fig. 11), welche man von BOURGOGNE in Paris bezieht, ist unter diesen für die Güte der starken Objective einer der besten Prüfsteine und werden die drei Systeme äußerst zarter Linien dieses Kieselpanzers, als großartiger Beweis für die wesentliche Verbesserung der Mikroskope in den letzten Jahren, gegenwärtig bei schiefem Lichte schon durch verhältnißmäßig schwache Systeme, No. 7 von HARTNACK und No. 9 von BÉNÈCHE vortrefflich gesehen<sup>1)</sup>, während sie zur Zeit des Erscheinens der zweiten Auflage dieses Buches erst durch viel stärkere Vergrößerungen und zwar mit weit geringerer Präcision sichtbar waren. Den größten Triumph aber feiern die Wasserlinsen von AMICI, HARTNACK und NACHET, welche alle drei Liniensysteme gleichzeitig und in größter Schärfe schon mit vollkommen geradem Lichte zeigen (Taf. I. Fig. 9).

Fig. 11. Eine Kieselchale der *Pleurosigma angulatum* bei 650maliger Vergrößerung. An der linken Seite sind die beiden schiefen sich kreuzenden Liniensysteme mit Weglassung der wagerechten Liniensysteme dargestellt, während auf der rechten Seite der Figur nur das letztere abgebildet ist.

<sup>1)</sup> HARTNACK's No. 7 giebt mit dem ersten Ocular 200mal, BÉNÈCHE No. 9 dagegen mit demselben Ocular 260mal.

Bei Anwendung schiefen Lichtes wird jedes Liniensystem der *Pleurosigma angulatum* am besten für sich sichtbar gemacht, wenn man das Licht des mehr oder weniger aus der Achse des Rohres geschobenen Spiegels, durch die weite Oeffnung des Tisches (der ganze Blendungsapparat wird entfernt) im rechten Winkel gegen die Streifen fallen läßt. Der Panzer muß so liegen, daß seine Längsrippe gegen das schief einfallende Licht einen rechten Winkel bildet, und wird man zuerst das eine, bei verändertem Focus darauf auch das andere der beiden schief verlaufenden, sich unter einem Winkel von  $60^\circ$  kreuzenden Liniensysteme erblicken. Dreht man alsdann den Tisch oder die Objectplatte um  $90^\circ$ , so daß die Längsrippe des Panzers in der Richtung des schief durchfallenden Lichtes liegt, so wird man auch das dritte System (die Querlinien) wahrnehmen, welches wieder zu jedem der beiden schief verlaufenden Liniensysteme einen Winkel von  $60^\circ$  bildet. Für die Sichtbarmachung eines jeden Liniensystems ist in manchen Fällen außer der Drehung des Tisches noch eine geringe Aenderung der Einstellung nothwendig, weil jedes der drei Liniensysteme einer anderen Schicht des Kieselpanzers angehört und deshalb höher oder tiefer als die anderen liegt, ein Verhältniß, das auch für die Längs- und Querstreifen der Schmetterlingsschuppen Geltung hat. (Die Längsstreifen der Schuppen von *Lepisma saccharinum* gehören z. B. der obersten Schicht und findet man sie bisweilen stellenweise abgeblättert; die schiefen Streifen liegen dagegen unter dieser Schicht.) Die dunklen Linien der Quer- und Längsstreifen bei den Schmetterlingsschuppen sowohl als bei den Kieselpanzern der Diatomeen werden demnach durch den Schatten in einer Vertiefung, gleich den Linien eines Glasmikrometers, hervorgerufen, und deshalb wirkt das schiefe Licht am besten, wenn es im rechten Winkel gegen diese Linien fällt. Die Querlinien der *Pleurosigma angulatum* sind am schwierigsten sichtbar zu machen; die beiden sich kreuzenden Liniensysteme kann man dagegen schon mit mittelmäßigen Objectiven bei einer richtigen Einstellung sehen, sie begrenzen alsdann rhombische Räume, welche ich auf Fig. 10 der Taf. I mit  $x$  bezeichnet habe; wenn dagegen alle drei Liniensysteme gleichzeitig sichtbar sind, so erscheinen diese Räume sechseckig (Fig. 10y), weil das System der wagerechten Linien so angeordnet ist, daß es von jeder Seite die Spitze des Rhombus abschneidet. Würden dagegen dieselben Linien die Mitte des Rhombus durch-

schneiden, so müßten gleichseitige Dreiecke entstehen, wie dies auf derselben Figur durch die punktirte Linie *d* angedeutet ist. Auf dieser regelmäßigen Anordnung der drei Liniensysteme, deren jedes sich mit dem andern im Winkel von  $60^\circ$  kreuzt, und deren Linien zu einander genau dieselbe Entfernung besitzen, beruht also das je nach der Beleuchtung und Einstellung wechselnde Aussehen dieses interessanten Probeobjects. Die wagerechten Linien scheinen am tiefsten zu liegen, und sind wahrscheinlich deshalb am leisesten gezeichnet, desgleichen sind die wagerechten Kanten der Sechsecke weniger scharf als die durch die beiden stärker vortretenden schiefen Linien gebildeten Seitenkanten begrenzt. Dafs aber die scheinbar perlenartige Structur dieser Diatomeenschale, an welche noch einige Mikroskopiker zu glauben scheinen, auf die beschriebene Weise zu erklären ist, läßt sich bei sorgfältiger Betrachtung dieses Objectes unter verschiedenen Medien nicht wohl bezweifeln. Die drei Liniensysteme müssen zart, aber durchaus scharf gezeichnet sein und mit der Wasserlinse bei geradem Licht gleichzeitig gesehen werden. Die schwächeren Oculare gewähren natürlich die elegantesten Bilder, doch müssen bei gutem Lichte auch noch die stärksten Oculare, welche mit der Wasserlinse No. 10 eine mehr als 2000malige Vergrößerung geben, der Schärfe des Bildes keinen wesentlichen Abbruch thun. Ein gutes Objectivsystem für schiefes Licht muß gleichfalls die Zeichnung der Pleurosigma-Schale in Sechsecke auflösen.

Schwieriger als die genannte Pleurosigma ist eine andere Diatomeen-Schale, welche, soweit mir bekannt, zuerst in England als Testobject benutzt wurde, die *Nitzschia sygmoidea* oder *Syngmatella Nitzschia*. Der lange und schmale Panzer zeigt, trocken aufbewahrt, viel feinere und dichter gestellte Querlinien (Taf. I. Fig. 11 u. 12), welche selbst durch die Wasserlinse von HARTNACK erst bei schiefem Licht gelöst werden, übrigens bei derselben Beleuchtung auch mit den für schiefes Licht construirten, nicht in Wasser tauchenden Linsen von BÉNÉCHE, HARTNACK und ZEISS sichtbar sind. (Es ist mir hier nicht gelungen aufser diesen Querlinien weitere Zeichnungen wahrzunehmen.) Noch schwieriger erscheint die *Grammatophora subtilissima*, wenn sie unter Canadabalsam aufbewahrt ist, indem die sehr zarten und dicht gestellten Querlinien der Randpartie dieser Kieselschale erst durch die Wasserlinse (No. 10) bei schiefem Licht und heller Beleuchtung (am besten durch

weisse Wolken) aufgelöst werden (Taf. I. Fig. 13). — Bei einem als *Grammatophora marina* von BOURGOGNE bezogenen Probeobject zeigten dagegen die trocken liegenden Kieselpanzer aufser der jetzt leicht sichtbar zu machenden Querstreifung der Randpartie bei schiefem Licht noch zwei sich unter dem Winkel von  $60^\circ$  kreuzende, schief aufsteigende Liniensysteme, durch welche dieselben Erscheinungen, welche ich bei *Pleurosigma angulatum* beschrieben habe, hervorgerufen wurden. Die Linien waren noch zarter, und die Entfernung derselben von einander noch geringer, ferner gehörten die Querlinien hier der obersten Schicht, und waren deshalb am leichtesten sichtbar zu machen, während bei *Pleurosigma* das umgekehrte Verhältniß stattfindet. Ich vermuthete deshalb, daß auch die *Grammatophora subtilissima*, welche ich leider nicht im trockenen Zustande besitze, jene beiden schiefen Liniensysteme zeigen wird. Die *Grammatophora marina* ist übrigens für die Querlinien auch unter Canadabalsam ein viel leichteres Probeobject als die kleinere *Grammatophora subtilissima*. Noch schwieriger als letztere erscheint nun die *Susirella Gemma*, welche, trocken liegend, zwischen den in unregelmäßigen Entfernungen auftretenden, bis zur Mitte des Kieselpanzers vordringenden Querleisten, mit diesen parallel verlaufende, leicht sichtbar zu machende Querstreifen besitzt (Taf. I. Fig. 14), über welche wiederum außerordentlich zarte Längsstreifen, durch welche auch die Querleisten selbst auf das zierlichste gekerbt erscheinen, hinweggehen (Taf. I. Fig. 15). Diese letzteren konnte ich nur bei hellem weißen Himmel und mit schiefer Beleuchtung durch die Wasserlinse (No. 10) sichtbar machen. Die besten Objectivsysteme für schiefes Licht ließen dagegen von ihrem Dasein nichts ahnen, und möchten unter Canadabalsam dieselben Linien auch für die Wasserlinsen noch verborgen bleiben.

Ich habe hier bei den in neuester Zeit am meisten besprochenen Probeobjecten der Mikroskope länger verweilt, und sie genau beschrieben und abgebildet, weil die bisherigen Beschreibungen und Darstellungen, wenn überhaupt vorhanden, noch sehr mangelhaft sind. So hat für die *Pleurosigma* zwar REINECKE<sup>1)</sup> in der Fig. 9 eine richtige Abbildung gegeben und die Kieselschale auf S. 22 richtig beschrieben, indem er mit mir das Dasein der sechseckigen

---

<sup>1)</sup> FRIEDRICH REINECKE, Beiträge zur neueren Mikroskopie. Dresden 1858.

Punkte verwirft und die Erscheinung durch drei Liniensysteme erklärt. Unter den Abbildungen aber, welche er bei dieser Gelegenheit aus englischen Werken entlehnt sind und mir zum Theil schon aus dem Quekett bekannt waren, sind die Fig. 1, 2 u. 8 geradezu falsch, indem die scheinbaren Punkte nicht einmal in regelmäßiger Stellung zu einander dargestellt werden. Auch die Fig. 4 u. 5 sind unrichtig, denn sie lassen sich nicht auf drei Liniensysteme zurückführen, was bei den Fig. 6 u. 7 allerdings der Fall ist, nur daß hier wieder die Querlinien in unrichtiger Stellung zu den beiden anderen Liniensystemen dargestellt sind und deshalb, statt der Sechsecke gleichseitige Dreiecke bilden (Taf. I. Fig. 10d). Die Nitzschia, Grammatophora und Surirella aber, sind zum wenigsten in Deutschland, als Probeobjecte noch nicht abgebildet, und selbst über die Zeichnung der schwierigeren Insectenschuppen ist man noch gar nicht einig; so behauptet HARTING<sup>1)</sup>, daß bei den Schüppchen der *Podura plumbea* die Querstreifen fehlen, während sie doch an allen Exemplaren sehr deutlich vorkommen und den netzartig mit einander verbundenen Längsleisten ein knotiges Ansehn verleihen (Taf. I. Fig. 18 u. 19). Auf den hellen Schuppen sind die bogenförmig verlaufenden Querstreifen schon mit den gewöhnlichen Objectiven bei schiefer Spiegelstellung sichtbar. Nach dem Verlauf und der Stellung der Linien- oder richtiger Leistensysteme, sowohl auf den Insectenschuppen als auf den Diatomeen-Schalen, desgleichen nach der Breite der betreffenden Leisten, muß aber auch das mikroskopische Bild verschieden ausfallen; so sehen wir bei den meisten Schmetterlingsschuppen breite Längsleisten und sehr schmale Querleisten sich unter einem rechten Winkel kreuzen (*Hipparchia*, *Lycaena Argus*), bei *Lepisma saccharinum* dagegen gleichfalls breite Längsleisten, aber schief verlaufende ziemlich unregelmäßige Querleisten, wodurch die ersteren ein spiralförmig gedrehtes Ansehn erhalten und finden endlich bei *Podura plumbea* breitere, aber seitlich nach kurzen Unterbrechungen wieder mit einander verbundene Längsleisten mit nur schwach ausgeprägten, wenig schmaleren Querleisten combinirt. Unter den Diatomeen aber erscheinen zwei oder drei Leistensysteme und zwar bei *Pleurosigma attenuata* breitere Längsleisten mit schmalen Querleisten, bei *Surirella* dagegen scharf gezeichnete Querleisten und sehr schwach

<sup>1)</sup> P. HARTING, Das Mikroskop S. 282.

ausgeprägte, d. h. wenig erhabene Längsleisten, welche in der Breite den vorigen etwa gleich sind, und bei *Pleurosigma angulatum* und *Grammatophora marina* endlich drei Leistensysteme von gleicher Breite, welche sich gegenseitig unter einem Winkel von  $60^\circ$  schneiden. Nach der Art der Beleuchtung und dem Fall des Schattens muß nun das mikroskopische Bild der genannten Objecte, gemäß ihres Baues, verschieden ausfallen und ist es, zur richtigen Beurtheilung der mikroskopischen Bilder überhaupt, wohl der Mühe werth diese Erscheinungen genauer kennen zu lernen.

Man hat die Schmetterlingsschuppen und Diatomeenpanzer nach der Zahl der auf einem gegebenen Raum vorkommenden Leisten in leichtere und schwierigere Probeobjecte eintheilen und durch dieselben einen Maßstab für den Werth einer jeden Objectiv- und Ocularcombination des Mikroskopes gewinnen wollen; allein vergleichende Messungen haben gezeigt, daß diese Zahlen bei den verschiedenen Exemplaren nicht durchaus gleich ausfallen und daß z. B. die kleinen Exemplare der *Pleurosigma angulatum* und der *Grammatophora subtilissima* engere und deshalb auf demselben Raum zahlreichere Querleisten als die größeren Schalen besitzen. Es ward deshalb mehrfach der NOBERT'schen Platte, mit zahlreichen Liniengruppen, deren jede immer enger gestellte und zarter gezogene Linien besitzt, als Probeobject der Vorzug gegeben; aber bei aller Bewunderung für die fast ungläubliche Feinheit und Genauigkeit der Theilungen, die bei der fünfzehnten und letzten Gruppe nach WARREN DE LA RUE 2216 Linien auf 1 Mill. zählen, möchte eine absolute Gleichheit dieser Probetafeln noch weniger im Bereiche der Möglichkeit liegen. Dazu sind selbst die letzten Liniengruppen derjenigen Tafeln, welche ich vor einigen Jahren vergleichen konnte, für schiefes Licht viel leichter aufzulösen, als die Querlinien der *Grammatophora subtilissima* und der *Nitzschia sygmoidea*, weshalb ich den genannten Diatomeen-Schalen als Probeobjecte für die penetrirende Leistung oder das Unterscheidungsvermögen eines Mikroskopes den Vorzug ertheile. Für selbige kommt aber, wie schon erwähnt, das Medium, in dem sie liegen, sehr in Betracht; die *Grammatophora subtilissima* ist, trocken aufbewahrt, kaum schwieriger als die

<sup>1)</sup> NOBERT soll Probeplatten verfertigt haben, welche Liniengruppen mit  $\frac{1}{4000}$  bis  $\frac{1}{10000}$  par Linien Entfernung darstellen und von den besten englischen Objectiven nicht gelöst werden konnten. REINECKE S. 43. (Vergl. S. 28.)

*Pleurosigma angulatum*, unter Canadabalsam dagegen eines der schwierigsten Probeobjecte und gilt fast dasselbe für die *Pleurosigma* unter Canadabalsam.

Doch würde man sehr irren, wenn man die Güte eines Mikroskopes allein nach seinen Leistungen für schiefes Licht, wofür die Schmetterlingsschuppen und Kieselshalen der Diatomeen zumeist angewendet werden, beurtheilen wollte. Die Leistungen des Instrumentes oder vielmehr einer bestimmten Objectiv- und Ocularcombination für gerades Licht sind jedenfalls viel wichtiger und deshalb muß man die Wasserlinsen, welche bei geradem Lichte Details wahrnehmen lassen, welche bisher nur mit schiefer Beleuchtung sichtbar wurden, als einen wesentlichen Fortschritt in der Verbesserung der Mikroskope begrüßen. Die Objective für schiefes Licht bestimmt, mit einem sehr bedeutenden Oeffnungswinkel, geben in der Regel bei geradem Lichte ein minder scharfes und gefärbtes Bild, während umgekehrt, diejenigen Objective, welche für gerades Licht ausgezeichnetes leisten, bei schiefer Beleuchtung weit hinter den ersteren zurückbleiben; Objective, welche in der Mitte stehen, scheinen endlich nach beiden Seiten mehr oder weniger zu verlieren<sup>1)</sup>. Weshalb es sehr zu billigen ist, wenn Optiker für ihre großen Instrumente auch Objectivsysteme für gerades und andere für schiefes Licht unterscheiden und sich bemühen für beide den möglichsten Grad der Vollkommenheit zu erreichen. Auch würde, da ein einziges starkes Objectivsystem für schiefes Licht hinreichend ist, der Preis des Mikroskopes durch diese Einrichtung nicht wesentlich erhöht werden. BÉNÈCHE hat das System 9 für schiefes und alle übrigen für gerades Licht berechnet.

Als Probeobjecte für die letztere Art der Beleuchtung benutze ich die allerzartesten Querschnitte durch farblose Pflanzengewebe mit verdickten Zellwänden, wozu das Holz der Kiefer sich besonders eignet. Hier muß das Netzwerk, welches aus der Intercellularsubstanz und der primären Membran der Holzzellen besteht, bei 200—400mahliger Vergrößerung nach beiden Seiten sehr zart und scharf begrenzt erscheinen, auch muß das Bild selbst farblos sein. Wenn das Netzwerk dick contourirt oder mit einer dem Object nicht angehörigen Farbe erscheint, so ist das Objectiv entweder sphärisch oder chro-

<sup>1)</sup> Das System *F* von ZEISS ist für gerades Licht sehr schön und auch für schiefes vortrefflich, es bedarf nur einer geringen Verschiebung des Spiegels außer der Achse.



matisch nicht gehörig corrigirt. Am häufigsten wird die blaue Farbe vorkommen, und schadet dieselbe der Schärfe des Bildes nicht wesentlich, man bemerkt sie an allen das Licht stark brechenden Substanzen am leichtesten, das Netzwerk zeigt sie deshalb viel stärker als die Verdickungsschichten der Holzzellen, unter welchen wiederum die innerste nicht verholzte Schicht mehr gefärbt erscheint. Für die starken Linsensysteme sind auch unmeßbar zarte Querschnitte durch die Pollenkörner von *Mirabilis Jalapa* vorzügliche Probeobjecte, indem man bei ihnen leicht die genannten Fehler bemerken und bei mangelhafter chromatischer Correction die feinen Ausführgänge der Hohlräume und diese selbst in der äußeren Schicht der Exine in farbigem Licht erblicken wird. Die Contour dieser feinen Canälehen gewährt außerdem ein treffliches Probeobject für das Unterscheidungsvermögen der Gläser. Doch muß in diesem Fall das Präparat selbst tadellos sein, und genau die Mitte des Pollenkorns und zwar als unversehrte, fast unmeßbar zarte Lamelle darstellen<sup>1)</sup>. Unter den Kieselpanzern ist auch der *Arachnodiscus* als Prüfobject für gerades Licht empfehlenswerth.

Sehr zarte unter einem dicht aufliegenden Deckglas bewahrte Pflanzenquerschnitte sind außerdem zur Beurtheilung der Ebenung des Gesichtsfeldes geeignet, indem man bei genauer Einstellung der Mitte des Lichtfeldes auch die Details im Umkreis deutlich sehen und für dieselben keiner besonderen Einstellung bedürfen muß, was jedoch mit den gewöhnlichen Ocularen niemals absolut erreicht werden kann<sup>2)</sup>. Die Mitte des Gesichtsfeldes ist immer derjenige Ort, welcher das schärfste und richtigste Bild gewährt. Ein durch sich kreuzende Linien in viereckige Felder getheiltes Glasmikrometer ist nach HARTING hier das geeignetste Probeobject, indem die Abweichung der Linien vom Parallelismus am Rande den Grad dieses Fehlers bezeichnet, welcher durch orthoscopische Oculare am besten aufgehoben wird. Endlich ist die Lichtstärke und Färbung des Gesichtsfeldes selbst nicht außer Acht zu lassen, da beide Eigenschaften von den Objectiven ausgehen und bei verschiedenen Mikroskopen sehr verschieden sind. Je heller und weißer das Gesichtsfeld erleuchtet ist,

<sup>1)</sup> Wie man Durchschnitte der Pollenkörner erhält und was man bei ihnen zu sehen hat, wird an betreffender Stelle näher erörtert.

<sup>2)</sup> Die Objective von HARTNACK und ZEISS geben schon mit den gewöhnlichen Ocularen plane Bilder.

um so elegantere Bilder wird es geben, indem dann die natürlichen Farben des Gegenstandes um so mehr zur Geltung kommen und bei geschickter Dämpfung des Lichtes auch die feineren Details schärfer hervortreten. Ein farbloser sehr zarter Pflanzenquerschnitt ist zur Beurtheilung der Farbe des Gesichtsfeldes ausgezeichnet; ich benutze dafür den oben erwähnten Pinusschnitt, der bei vorhandener Farbe sogleich selbige annimmt und wiederum in den stärker lichtbrechenden, dichteren Theilen dieselben in erhöhtem Mafse zeigt. BÉNÉCHON Systeme 7 u. 8 geben ein ganz weißes Gesichtsfeld, das System 11 dagegen zeigt eine Spur gelber Färbung. Die Objective von SCHRÖDER und ZEISS sind desgleichen chromatisch gut corrigirt.

Die sehr starken Objectivsysteme und die Wasserlinsen sind nur für Mikroskope mit dem vollkommensten Beleuchtungsapparat brauchbar. Sie finden auch nur für bestimmte Fälle Anwendung, sind dann aber von großer Bedeutung. Sehr starke Objective verlangen außerdem immer die vorzüglichsten Präparate und den tüchtigsten Beobachter; es ist ein irriger Glaube, daß man mit starken Vergrößerungen in allen Fällen mehr sehen könne als mit schwachen. Wenn man nicht zu präpariren versteht, wird man sogar mit ihnen ungleich weniger als mit den schwächeren Gläsern wahrnehmen, weil in demselben Grade, wie die Vergrößerung wächst, auch die Zartheit des zu untersuchenden Gegenstandes zunehmen muß, so daß dickere Präparate nicht mehr zulässig sind.

2. Ein einfaches, am besten mit Doppellinsen versehenes, Präparirmikroskop. Ein solches Instrument muß außer guten Linsen einen feststehenden, nicht allzu kleinen Tisch besitzen, auf welchem zwei Federklammern, zum Festhalten der Objectplatte anzubringen sind. Das Stativ wird am zweckmäßigsten auf einem ziemlich schweren Holzfuß, der zu beiden Seiten eine hervorragende Backe besitzt, befestigt, indem jede dieser Backen, während des Präparirens, der Hand zur Unterstützung dienen (s. Fig. 1. S. 14).

Ich arbeite seit mehreren Jahren mit einem einfachen Mikroskop von CARL ZEISS in Jena, und kann dasselbe sehr empfehlen. Ein solches Instrument, hat je nach Verlangen, 3—6 Doppellinsen, deren Vergrößerung 15, 30, 60, 120, 200 und 300 beträgt. Der Focalabstand der dritten Linse ist noch so groß, daß selbige, sehr bequem, zum Präpariren gebraucht werden kann. Wer ein zusammengesetztes Mikroskop besitzt, wird die drei letzten Linsen, bei denen kein Prä-

pariren möglich ist, entbehren können. Der Tisch ist unbeweglich und die Einstellung doppelter Art. Ueber dem Planspiegel ist eine Sammellinse, die man beliebig zur Seite schieben kann, angebracht. Der Preis eines solchen einfachen Mikroskopes mit drei Doppellinsen ist auf 13 Thlr.; mit vier Linsen dagegen auf 16 Thlr. gestellt. Ein complicirteres Stativ, auch für schiefe Beleuchtung eingerichtet, wird mit fünf Vergrößerungen und Präparirfuß für 26 Thlr. geliefert. Die zwei stärksten Linsen (Triplets), welche in ihrer Art vollkommen sind, können für manche Fälle ein zusammengesetztes Mikroskop ersetzen, indem mit ihnen bei schiefem Licht die Querstreifen der Hipparchiaschuppen in überraschend schöner Weise gesehen werden. Der Präparirfuß mit den Backen wird auf Verlangen für 20 Sgr. hinzugefügt.

BÉNÈCHE in Berlin führt ein ähnliches Stativ mit drei Vergrößerungen für 10 Thlr. und ein anders construirtes Stativ dessen Bewegung durch Zahn und Trieb gegeben wird, mit drei Doublets und einer schwachen Loupe für 18 Thlr. Das einfache Mikroskop von SCHIEK in Berlin endlich hat eine dem letzteren ähnliche Construction und statt der Doppellinsen drei achromatische Objectivlinsen, welche einzeln oder combinirt angewendet werden; der Preis ist 20 Thlr. NACHET führt ein Stativ, welches mit einem Rohr und mit Ocularen versehen, als zusammengesetztes, dagegen, nach Wegnahme des Compositum und Ersetzung durch einen die Doublets aufnehmenden Arm, als einfaches Mikroskop dienen kann (s. Fig. 5. S. 18)<sup>1)</sup>. Er verfertigt außerdem ein bildumkehrendes Prisma (Prisme redresseur), welches, über das Ocular gestellt, das gewöhnliche zusammengesetzte Mikroskop zum Präpariren tauglich und eine stärkere Vergrößerung für diesen Zweck anwendbar macht. Während die Präparation bei dem einfachen Mikroskop schon mit 50maliger Vergrößerung ihre Grenze findet, erlaubt das bildumkehrende Prisma mit den schwächsten Objectivsystemen des zusammengesetzten Mikroskopes noch doppelt so hohe Vergrößerungen, was für manche Fälle sehr erwünscht ist. Im Allgemeinen aber wird man mit dem viel schärferen Bilde des Simplex besser fahren und sich auch leichter an die Handhabung der Nadeln unter demselben gewöhnen. — Zusammengesetzte Prä-

<sup>1)</sup> Wenn dieses Mikroskop als Simplex dienen soll, wird die Säule, welche das Rohr mit dem Ocular trägt, entfernt und mit dem Linsenarm vertauscht. Mit zwei Objectiven und einem Ocular, desgleichen mit drei Doublets kostet dasselbe 120 Fr.

parimikroskope, bei welchen ein zweites Objectivsystem, mit veränderlicher Entfernung von dem ersten, eine nochmalige Umkehrung des Bildes und, je nach der Entfernung der beiden Objectivsysteme von einander, auch eine verschiedene Vergrößerung bewirkt, sind als pankratische Mikroskope bekannt und werden von OBERHÄUSER und PRÖSSL gefertigt. Ich hatte nicht Gelegenheit dieselben näher kennen zu lernen, halte sie auch für ziemlich entbehrlich. Das Simplex wird zum Präpariren immer den Vorzug behalten.

3. Eine gute Lupe. Bei derselben hat man weniger auf die starke Vergrößerung als auf die Schärfe des Bildes und auf die Größe des Gesichtsfeldes zu achten, welches bis zum Rande gleich deutlich sein muß. Die gewöhnlichen, aus einem planconvexen oder gar einem biconvexen Glase bestehenden Lupen gewähren nur für die Mitte ein richtiges Bild. Bei den auf Art des Oculars construirten Doppellinsen dagegen ist diesem Uebelstande abgeholfen, und besitzen dieselben in der Regel ein großes Gesichtsfeld, das in seiner ganzen Ausdehnung brauchbar ist; auch lassen sich diese Lupen sehr zweckmäßig und bequem auf dem Stativ der vorerwähnten einfachen Mikroskope verwenden. HARTNACK führt drei solcher Lupen von verschiedener, jedoch nicht bedeutender Vergrößerung; das Gesichtsfeld ist groß und das Bild vortrefflich. ZEISS liefert sie gleichfalls von vorzüglicher Güte und verschiedener Vergrößerung für 2 bis  $3\frac{1}{2}$  Thlr. Auch BÉNECHE führt dieselben für  $1\frac{1}{2}$  Thlr.

4. Das Zeichnenprisma. Dasselbe hat vor den mir bekannten, diesem Zwecke dienenden, Apparaten (der Camera lucida nach OBERHÄUSER und der Camera von SCHIEK), welche beide eine zweimalige Umkehrung bewirken, den Vorzug, daß es weniger Licht absorbiert. Das durch das Prisma aufs Papier entworfene Bild ist fast ebenso lichtstark und in seiner Zeichnung fast ebenso scharf als das unmittelbar durch das Ocular empfangene. Das Zeichnenprisma ist überdies für verschiedene Oculare brauchbar, doch richtet sich der Abstand vom Ocular nach der Vergrößerung des letzteren; bei schwachen Ocularen muß die untere Fläche des Prismas vom Ocularglase mehr entfernt, bei starken dagegen demselben mehr genähert werden. Das Zeichnenprisma wird vermittelt eines Ringes auf das Mikroskoprohr gesetzt und muß seine Fassung für dreierlei Bewegungen des Prismas eingerichtet sein. 1. muß dasselbe dem Ocularglase genähert oder von selbigem entfernt werden können, 2. muß

das Prisma in horizontaler Richtung beweglich sein, so dafs man dasselbe beliebig ganz zur Seite schieben kann, 3. mufs es sich sowohl horizontal als schief stellen lassen. Bei dem Gebrauch des Zeichenprismas hat man nun sowohl auf die Entfernung desselben vom Ocular, als auch auf seine Stellung zum Ocularglase zu achten. Man mufs das ganze Gesichtsfeld hell und weifs erleuchtet vor sich sehen. Wenn nur ein kleiner Theil des Gesichtsfeldes projectirt wird, so ist die Entfernung des Prismas vom Ocular unrichtig, wenn dagegen die eine Seite des Gesichtsfeldes farbig erscheint, so ist die Stellung des Prismas zum Ocularglase zu ändern; und zeigt einige Uebung sehr bald, wie diesen Fehlern abzuhelpen ist. Für die Benutzung des Zeichenprismas bedarf man auferdem noch eines Zeichenpultes, welches hinter das Mikroskop aufgestellt wird, und zweckmäfsig wie ein Notenpult zum Auf- und Niederschlagen eingerichtet werden kann. Man hat dabei vor allem auf die Lage des Papiers zum auffallenden Bilde zu achten; das letztere mufs nämlich im rechten Winkel auf das Papier entworfen werden, weil es sonst ein verzogenes wird; auch ist für die Vergrößerung auf die Entfernung des Papiers vom Zeichenprisma zu achten. Ich zeichne immer bei gleicher Entfernung, bei 250 Mill. Abstand, bei welcher auch die Vergrößerung einer jeden Objectiv- und Ocularcombination gemessen wurde. Beim Nachziehen der Umrissse des vergrößerten Gegenstandes legt man das Auge dicht an die kleine Oeffnung in der Blendung des Prismas und gewöhnt sich vor allen Dingen den Kopf recht ruhig zu halten. Mit einiger Uebung gelangt man auch bald zu grofser Fertigkeit, und benutze ich obige Camera lucida seit vielen Jahren. Der einzige Nachtheil, welchen sie mit sich führt, ist die nochmalige Umkehrung des Bildes, was bei genauer Ausführung der Zeichnung, wenn das Prisma zur Seite geschoben wird, wohl zu beachten ist; weshalb man bei etwas verwickelten Bildern die Camera zweckmäfsig über dem Ocular behält, oder zum wenigsten die fertige Zeichnung mit Beihülfe der Camera vergleicht.

Das besprochene Zeichenprisma wird von C. ZEISS in Jena, in zweckmäfsiger Fassung und in einem besonderen Kästchen verwahrt, für 5 Thlr. angefertigt. Die Weite des Ringes, welcher das Prisma trägt, richtet sich natürlich nach dem Durchmesser des Mikroskoprohres unterhalb des Oculars, weshalb derselbe, am besten als Abdruck in Siegellack, bei der Bestellung hinzuzufügen ist. BÉNECHE

liefert dasselbe Prisma zu gleichem Preise und NACHET hat es als *Chambre claire ordinaire* zu 18 Fr. notirt. Eine neuere Camera lucida des letztgenannten Optikers entwirft das Bild sogleich auf den Tisch zur Seite des Mikroskopes (zu 25 Fr.). Bei BÉNECHE für 7 Thlr.

Die OBERHÄUSER'sche Camera lucida, aus einem knieförmig gebogenen Rohr mit zwei Prismen und einem Ocular bestehend, bewirkt eine zweimalige Umkehrung des Bildes, welches somit wieder dem umgekehrten ersten Bilde des Mikroskopes entspricht. Sie verschluckt etwas mehr Licht, ist aber, da sie das Bild direct auf den Tisch neben dem Mikroskop entwirft und keines Zeichentisches bedarf, sehr bequem. Ich kann dieselbe noch für die stärksten Objectivsysteme anwenden und sehe mit der Wasserlinse die drei Liniensysteme der Pleurosigma angulatum vortrefflich. Am besten verkürzt man das Rohr des Mikroskopes durch Einschieben, und wendet noch außerdem ein kleines Tischchen oder einen Kasten, von gleicher Höhe als den Objecttisch, an, der neben dem Mikroskope stehend, das Bild auffängt, da die Entfernung vom kleinen Prisma bis zum Fuß des Mikroskopes die Sehweite des gesunden Auges übersteigt und deshalb die Spitze der Bleifeder nicht wohl gesehen wird. Das grössere Prisma ist im Knie des Rohres, das kleinere dagegen frei vor dem Ocular angebracht und mit demselben fest verbunden. Durch Vertauschung dieses Oculars mit einem gewöhnlichen Oculare erhält man ein horizontales Mikroskop. Das Wechseln des bei der Untersuchung benutzten gewöhnlichen Oculars mit der Camera lucida und die dabei nöthig werdende Aenderung der Einstellung sind Unbequemlichkeiten, welche bei dem Gebrauch des Zeichenprismas, das immer am Mikroskoprohr verbleiben kann, und ohne veränderte Einstellung nur über das Ocular geschoben wird, vermieden werden. OBERHÄUSERS Camera lucida kostet 50 Fr. BÉNECHE und ZEISS liefern dieselbe auf Verlangen für 13 Thlr.

5. Ein Compressorium oder mikroskopischer Quetscher. Ein Instrument, welches bei pflanzlichen Untersuchungen nur verhältnißmäßig selten angewendet wird, und in einzelnen Fällen durch einen sanften Druck mit dem Nadelheft auf die Deckplatte ersetzt werden kann, dagegen bei solchen Untersuchungen, wo es darauf ankommt, Veränderungen eines Gegenstandes während des Druckes und durch denselben wahrzunehmen, unentbehrlich ist.

Die bisher gebräuchliche Einrichtung des Quetschers, der sowohl

eine untere Glastafel zur Aufnahme des Gegenstandes, als auch ein oberes Glastäfelchen, welches als Deckglas diente, besaß, war sehr unbequem, weil man den Gegenstand erst auf die untere Tafel des Quetschers übertragen mußte und ihn dadurch häufig aus seiner günstigen Lage brachte. BÉNECHE und ZEISS verfertigen jetzt Quetscher nach OBERHÄUSERS Princip, denen beide Glasplatten fehlen, so daß man den Gegenstand unmittelbar, wie man ihn vorher zur Beobachtung hatte, gleichgültig ob mit einer dicken oder dünnen Deckplatte versehen, unter den Quetscher bringen kann. Nach der Breite des Objecttisches muß sich die Breite der unteren Platte des Quetschers richten, weshalb es gut sein wird bei der Bestellung die Breite dieses Tisches anzugeben.

6. Englische Rasirmesser. Da die Schärfe des Messers, wenn man ein genügendes Präparat erhalten will, ein Haupterforderniß ist, so hat man vor allen Dingen für gute Messer zu sorgen und dieselben im besten Stand zu erhalten. Es läßt sich hier sehr schwer eine bestimmte Fabrik empfehlen, da bekanntlich die Messerklingen derselben Fabrik nicht immer gleich ausfallen; auch kann man nicht für alle Zwecke einerlei Messer gebrauchen. Am besten haben sich mir alte englische Rasirmesser bewährt, welche man bisweilen bei den Schleifern und Barbieren erhält. Für harte Sachen, z. B. für Holz, für Rinde, für Samenschalen u. s. w. sind Messer mit starkem Rücken, die nicht hohl geschliffen sind, am vorzüglichsten; für weiche, saftige Gegenstände muß man dagegen viel leichtere, hohl geschliffene Klingen anwenden. Man schleift seine Messer am zweckmäßigsten selbst, da selbige, so wie man sie in der Regel vom Schleifer erhält, noch lange nicht scharf genug sind; auch muß man, wenn man gute Präparate erhalten, dabei Zeit sparen und sein Messer länger scharf erhalten will, es sich zum Gesetz machen, das letztere nach jedem zweiten oder dritten Schnitt ein paar Mal über den Streichriemen zu führen.

7. Einige Scalpels, am besten mit gerader Schneide, welche sehr stark (strohgelb) gehärtet sein müssen. Die gewöhnlichen anatomischen Scalpels sind in der Regel zur Herstellung mikroskopischer Schnitte viel zu weich. Die Scalpels scheinen mir im Allgemeinen entbehrlich, weil sich das Rasirmesser, sobald man an dasselbe gewöhnt ist, viel sicherer führen läßt. Für einzelne Fälle möchten dagegen auch die Scalpelle ihre Anwendung finden.

8. Einige Präparirnadeln, welche zweckmäßig so eingerichtet werden, daß sie bequem aus dem Heft genommen und mit einer andern vertauscht werden können. Man sorgt dafür, daß ihre Spitze möglichst fein und jederzeit rostfrei ist und schleift sie, wenn dies nicht sein sollte, unter häufigem Umdrehen selbst auf einem mäßig feinen Schleifstein. Je schwieriger die Präparation, und je stärker die Vergrößerung ist, unter welcher man präpariren will, um so feiner und glatter muß auch die Spitze der Nadeln beschaffen sein, und sind zu diesem Zweck die feinsten englischen Nähnadeln, wenn man sie tief genug in das Heft einsenken kann, so daß sie beim Präpariren nicht mehr federn, am geeignetsten. Das Heft für diese Nadeln besteht aus einem Stiele mit einem metallenen Aufsatz zur Aufnahme der Nadel, welcher etwa einen halben Zoll tief nach zwei sich kreuzenden Richtungen durchschnitten ist. Die eingesenkte Nadel wird darauf durch eine über den Aufsatz geschraubte und ihn fest zusammendrückende Metallkappe festgehalten. Ein solches Heft kann Nadeln verschiedener Stärke aufnehmen, und sind dieselben bei unseren Damen als Halter für Häckelnadeln schon länger im Gebrauch. Außer geraden Nadeln, deren man zwei besitzen muß, sind solche mit einer hakenförmig gebogenen Spitze, desgleichen andere, die mit einem kleinen Messerchen endigen, für manche Fälle empfehlenswerth.

9. Eine feine anatomische Scheere.

10. Stahlpincetten von verschiedener Größe. Für kleine Gegenstände ist eine Pincette mit ganz feinen, genau auf einander fassenden Spitzen empfehlenswerth. Die innere Seite dieser Spitzen muß nicht gekerbt, sondern durchaus glatt sein, weil sonst sehr zarte Theile leicht zerdrückt werden. Gekrümmte Pincetten eignen sich außerdem für manche Fälle.

11. Schleifsteine von verschiedener Feinheit, die nach einander und zwar vom gröberen zum feineren übergehend, angewendet werden. Beim Schleifen muß man das Messer durchaus flach legen, so daß Rücken und Schneide gleichzeitig den Stein berühren, man muß die Klinge langsam und sicher, unter häufigem Wechseln der Seiten, mit der Schneide voran, auf dem Stein hin- und herziehen, aber niemals fest aufdrücken. Für den letzten Schliß sind die grauen Wassersteine, die auch von den Barbieren vielfach benutzt werden, oder sehr feine Oelsteine anzuwenden. HARTING empfiehlt ein Stück



Spiegelglas als Schleifstein und geschlemmtes Triepelpulver mit einigen Tropfen Olivenöl als Schleifmittel auf demselben; v. MOHL dagegen benutzt ein matt geschliffenes Spiegelglas und Wiener Kalk, der mit Wasser zu einem dicken Rahm angerührt wurde, zum letzten Schliif oder zur Politur der Klinge. Die letztere muß unter den oben beschriebenen Mafregeln leise geführt und unter häufigem Wechseln der Seiten kreisförmig bewegt werden. Da ein möglichst scharfes Messer das wichtigste Erforderniß für alle mikroskopischen Untersuchungen bei höheren Gewächsen ist, und die Instrumentenschleifer der Klinge nur selten den nöthigen Grad der Politur beilegen, so ist es nothwendig, daß jeder selbst seine Messer zu schärfen versteht, welche Fertigkeit auch durch einige Uebung leicht zu erlangen ist. Die Fläche, auf der man schleift, also der Scheifstein oder die Spiegelplatte, darf nicht durch langjährigen Gebrauch muldenförmig ausgeschliffen sein, weil die Schneide dadurch abgerundet wird. — Bei richtiger Handhabung wird ein gutes Messer höchst selten Scharten bekommen. In letzterem Falle, oder wenn die Schneide bei längerem Gebrauch dick geworden ist, rathe ich, das Messer dem Schleifer zu geben.

12. Ein Streichriemen. Der Riemen muß, wenn er auf einem Gestell ausgespannt ist, sehr straff angezogen werden, damit er sich nur wenig biegen kann und die Schneide nicht abrundet, weshalb v. MOHL und HARTING den Riemen aus weichem Leder, auf einer hölzernen Unterlage geklebt, den Vorzug geben. Als Schärfmaterial wird auf demselben eine Mischung geschlemmten Colothar vitrioli mit Fett angewendet, und verkaufen die Instrumenschleifer derartige Mischungen. Ein alter vieljährig benutzter Streichriemen mit glatter glänzender Fläche verdient vor dem neuen den entschiedenen Vorzug.

13. Ein kleiner Handschraubstock, oder sogenannter Stielkloben, wie ihn die Uhrmacher gebrauchen, mit möglichst breiten Backen zum Schneiden zarter Gegenstände zwischen Kork oder noch besser zwischen Fliedermark. Ich benutze diesen Handschraubstock anstatt des früher angewendeten Metallringes, welcher durch ihn überflüssig geworden ist, und schiebe den zu schneidenden Gegenstand, welcher mit Berücksichtigung seiner Lage sorgfältig zwischen zwei Scheiben von Fliedermark gelegt ist, zwischen die Backen des Schraubstockes, so daß die Fliedermarkscheiben etwa eine Linie weit über die letzteren hervorsehen und schraube alsdann diese

Backen mäßig fest aneinander. Nachdem eine glatte Schnittfläche des Fliedermarkes und des zwischen ihm eingeklemmten Gegenstandes dargestellt ist, benetze ich dieselbe mit einem Tropfen Wasser und stelle jetzt mit einem sehr scharfen Rasirmesser möglichst feine Schnitte durch das Fliedermark dar, welche mit einem feinen Haarpinsel von der Klinge abgehoben und in einen Wassertropfen auf der Objectplatte übertragen werden. Der zwischen den Fliedermarkschnitten befindliche eben so zarte Durchschnitt des eingeklemmten Gegenstandes wird darauf mit Hülfe des Pinsels oder der Nadel unter dem einfachen Mikroskop gesondert. — Dieses Verfahren des Schneidens zwischen Fliedermark eignet sich für alle flachen und dünnen Körper, desgleichen für kleine Gegenstände, welche lang genug sind, um fest eingeklemmt zu werden, z. B. zur Darstellung von Längs- und Querschnitten durch Blätter, durch Oberhaut, durch Moosstengel, durch schmale aber hinreichend lange Früchte u. s. w. Ist der Gegenstand etwas dicker, so höhlt man zweckmäßig die Fliedermarkscheiben an der Stelle, welche ihn aufnehmen soll, ein wenig aus. — In solchem Falle können bei harten Körpern bisweilen auch Korkscheiben den Vorzug verdienen, im Allgemeinen aber benutze ich nur Fliedermark, das einen viel geringeren Druck auf den eingeklemmten Gegenstand ausübt und deshalb noch bei zarten Geweben die Anwendung dieser Methode erlaubt, dazu die Schneide des Messers kaum angreift, während selbst der beste Kork dieselbe bald abstumpft. Durch beharrliche Uebung erlangt man sehr leicht die nöthige Fertigkeit im Schneiden, welche überhaupt durch künstliche Schneideapparate niemals ersetzt werden kann.

14. Eine feine Uhrfedersäge zur vorbereitenden Zerkleinerung sehr harter Gegenstände, als Fruchtschalen, Samen u. s. w., desgleichen eine größere Handsäge zur vorbereitenden Zerkleinerung größerer Gegenstände als Hölzer u. s. w.

15. Einige größere und kleinere Haarpinsel, um die erhaltenen Schnitte vom Rasirmesser auf die Objectplatte zu übertragen, wozu für ganz kleine Gegenstände nur die allerfeinsten Tuschpinsel brauchbar sind.

16. Einige Glasgeräthe, z. B. kleine Glasglocken, um einmal erhaltene Präparate vor Staub zu schützen; auch zur Zucht von Laub- und Lebermoosen. Uhrgläser von ziemlich großem Durchmesser, um darin Präparate mit Wasser, Alcohol oder Aether zu be-

handeln, desgleichen zum Kochen dünner Schnitte mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure. Kleine, am besten gestielte, Porzellanpfannen, um Gegenstände in Kalilauge u. s. w. zu kochen, wozu Uhrgläser nicht wohl tauglich sind, weil selbige beim Erhitzen der Kalilösung leicht zerspringen. Lange und ziemlich weite Kochröhren zum Erwärmen von Präparaten mit Wasser oder Alcohol, sowie zum eben erwähnten Kochen größerer Theile mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure. Möglichst dünne Glasstäbe, um kleine Tropfen Wasser oder chemischer Reagentien auf das Präparat zu bringen. Länglich viereckige Platten von dünnem, möglichst reinem Spiegelglas zur Aufnahme und zum Aufbewahren von Präparaten.

17. Einige, ziemlich flache, weiße Porzellanschalen, am besten gewöhnliche weiße Untertassen, deren man mindestens zwei, mit reinem Wasser gefüllt, auf seinem Arbeitstische haben muß, und deren eine alsdann zum augenblicklichen Gebrauch bei der Beobachtung, die andere aber zur Aufnahme der bereits gebrauchten Objectplatten und Deckgläser dient. Da zu jeder ordentlichen Untersuchung die größte Reinlichkeit erforderlich ist, und überdies sowohl Object- als Deckplatten weit schwerer zu reinigen sind und unweit leichter schrammig werden, wenn Gegenstände auf ihnen festtrocknen, so dürfen auch dergleichen scheinbar unwichtige Dinge nicht unberücksichtigt bleiben.

18. Eine kleine Spirituslampe zum Erwärmen der Präparate auf der Objectplatte oder zum Kochen der Gegenstände in der Kochröhre oder Porzellanpfanne.

19. Etwas Fliedermark und feine, oft gewaschene Leinwand, am besten gebrauchtes Kammertuch, zum Reinigen der Objectiv- und Oculargläser des Mikroskopes. Ein solches Tuch darf niemals zum Reinigen der Objectplatten oder der Deckgläser benutzt werden. Das Fliedermark findet außerdem in der auf S. 43 unter 13 angegebenen Weise Verwendung.

20. Einige chemische Reagentien, nämlich:

a) Alcohol, hauptsächlich zum Entfernen der Luft aus Holzschnitten und anderen Präparaten, auch als Auflösungsmittel einiger Harze und Farbstoffe u. s. w., desgleichen zur Contraction der Protoplasmahaut in den Pflanzenzellen.

b) Aether, hauptsächlich als Auflösungsmittel für Harze, des-

gleichen für fette und ätherische Oele u. s. w.; auch zum Entfernen der Luft aus den Präparaten.

c) Aetzkali, als Auflösungsmittel für Fette; auch vielfach durch seine Einwirkung auf den übrigen Zellinhalt und namentlich als Auflösungsmittel des Intercellularstoffes, sowie des Holz- und Korkstoffes der Pflanzenzelle anwendbar. Die Aetzkalilösung wirkt häufig erst nach dem Erwärmen. — Durch die chemische Einwirkung auf genannte Stoffe dient die Kalilösung auch sehr wesentlich zur Aufhellung undentlicher Pflanzenpräparate, nur darf sie nicht zu energisch einwirken, weil dann ein Aufquellen der Zellstoffwände wieder die Schärfe der Contouren beeinträchtigt. Ich bewahre das Aetzkali in Pulverform in einer mit gut schließendem Glaspfropfen versehenen Flasche und hebe mit einem feinen, zuvor mit Wasser kaum benetzten Glasstabe ein Minimum desselben heraus, um es in mäßiger Entfernung von dem Präparate der Untersuchung in das Wasser des Objectträgers zu bringen. Je weniger Kali man anwendet und je allmäliger es zur Wirkung gelangt, um so günstiger ist der Erfolg, der meistens mit einer Farbenveränderung verbunden ist. Die Aetzkalilösung hat das Unangenehme, daß sie den Korkpfropfen der Aufbewahrungsflasche leicht zerfrisst, den Glaspfropfen aber durch Bildung eines Silicates fest mit der Flasche verkittet, weshalb ich dem trockenen Aetzkali den Vorzug gebe.

d) Jodlösung (1 Gran Jod, 3 Gran Jodkalium, 1 Unze destillirtes Wasser), zum Färben der Zellmembran und des Zelleninhaltes.

e) Concentrirte englische Schwefelsäure; vorzüglich bei der Untersuchung des Pollens und der Sporen nothwendig.

f) Eine etwas verdünntere Schwefelsäure (3 Theile englische Schwefelsäure und 1 Theil Wasser), zum Färben der zuvor mit Jodlösung befeuchteten Pflanzenzellen. Man betupft das Präparat mit der Jodlösung, entfernt darauf dieselbe mit einem feinen Haarpinsel und giebt nunmehr mittelst eines Glasstabes einen Tropfen Schwefelsäure auf das Präparat und bedeckt es sogleich mit einer Deckplatte. Die Einwirkung der Schwefelsäure und ebenso die Einwirkung der Chlorzink-Jodlösung (S. 47. g) erfolgt nicht immer über die ganze Fläche eines Präparates gleichmäÙig; wo die Mischung concentrirter einwirkt, ist die blaue Färbung intensiver, auch bleiben manchmal Stellen ungefärbt. Die Färbung ändert sich nach einiger Zeit; nach 24 Stunden ist das Blau meistens in Violett oder Roth verwandelt.

g) Chlorzink-Jodlösung. Ein Tropfen dieser Mischung auf ein in wenig Wasser liegendes Präparat bewirkt dieselbe Färbung als Jod und Schwefelsäure. Diese Mischung wurde vom Prof. SCHULZ, gegenwärtig in Rostock, empfohlen, sie ist bequemer als Jod und Schwefelsäure zu verwenden und leistet ungefähr dieselben Dienste, wirkt dagegen nicht wie die Schwefelsäure zerstörend. Bisweilen färbt sie nicht, wo durch Jod und Schwefelsäure noch eine blaue Färbung des Zellstoffes hervortritt, weshalb man in solchen Fällen nachher auch Jod und Schwefelsäure anwenden muß. Die genaue Vorschrift zur Chlorzink-Jodlösung ist nach SCHULZ folgende: Man löse Zink in Salzsäure auf, dampfe die Lösung unter Berührung mit metallischem Zink bis zur Syrupdicke ab und löse darauf in diesem Syrup Jodkalium bis zur Sättigung. Alsdann wird Jod hinzugefügt und die Lösung, wenn es nöthig ist, mit Wasser verdünnt. RADLKOFER hat diese Vorschrift dahin verändert, daß er die klare Zinkchloridlösung, welche, bis zur Syrupdicke verdampft, bei einem großen Zusatz von Wasser keine Trübung durch Ausscheidung von Zinkoxyd erfährt, mit destillirtem Wasser bis zum specif. Gewicht von 1,80 (bei 15° Cels.) verdünnt und in 100 Theilen dieser Flüssigkeit unter gelindem Erwärmen 6 Gewichtstheile Jodkalium und so viel Jod auflöst, als aufgenommen werden kann. Ein geringer Ueberschuß des letzteren ist wegen seiner Flüchtigkeit empfehlenswerth. Nach der Concentration dieser Lösung ist ihre Wirkung auf den Zellstoff verschieden.

h) Kupferoxyd-Ammoniak von SCHWEIZER in Zürich als Lösungsmittel des Zellstoffes entdeckt und von C. CRAMER<sup>1)</sup> als mikroskopisches Reagenz in Anwendung gebracht, verdient volle Beachtung. Die Aufquellungserscheinungen nicht verholzter Pflanzenzellen, der Baumwolle u. s. w., desgleichen des Stärkemehls, treten mit diesem Reagenz viel schöner als unter Anwendung von Jod und Schwefelsäure hervor. — Die aufgelöste Cellulose wird unter Zusatz von Salzsäure flockig gefällt. — Man bereitet das Reagenz durch Auflösen frisch gefällten noch feuchten Kupferoxyds in ätzender Ammoniakflüssigkeit. Aehnlich wirkt das Nickeloxyd-Ammoniak, doch mit dem Unterschied, daß es die Cellulose nicht auflöst.

<sup>1)</sup> C. CRAMER, Ueber das Verhalten des Kupferoxyd-Ammoniaks zur Pflanzenzellmembran, zur Stärke, Inulin u. s. w. Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft zu Zürich. 1857.

ε) Zuckerlösung, α) schwacher Zuckersyrup der Apotheken als Reagenz auf Stickstoffverbindungen. Man tränkt das Thier- oder Pflanzenpräparat mit der Zuckerlösung, entfernt selbige darauf sorgfältig mit dem Pinsel und giebt dann mit einem Glasstab einen Tropfen der unter *f* besprochenen Schwefelsäure hinzu. Wenn Stickstoffverbindungen zugegen sind, so färbt sich das Präparat nach 5—10 Minuten heller oder dunkler rosenroth. Ist die Färbung sehr schwach, so verschwindet dieselbe bisweilen unter dem Mikroskop, und legt man die Objectplatte dann zweckmäßig über weißes Papier, wo das Roth deutlicher hervortritt. β) Zuckerwasser zum Contrahiren des sogenannten Primordialschlauches der mit Saft erfüllten Pflanzenzellen u. s. w.

κ) Salpetersäure zum Nachweis stickstoffhaltiger Substanzen, welche, unter nachheriger Anwendung von Aetzammoniak, mehr oder weniger gelb werden, desgleichen für sich zur gelblichen Färbung der Intercellularsubstanz (Kiefernholz) oder als Trennungsmittel der Zellen, wofür jedoch das folgende von SCHULZ in Rostock entdeckte Macerationsverfahren viel geeigneter ist: Man zerkleinert den Gegenstand, z. B. Holz, bis zur Dicke eines Schwefelhölzchens, schüttet denselben in eine lange und mäßig weite Kochröhre, giebt dem Volumen nach etwa eben so viel chlorsaures Kali hinzu und so viel Salpetersäure, daß Holz und Kali mindestens davon bedeckt werden. Man erwärmt jetzt über der Weingeistlampe, und tritt bald eine lebhaft Gasentwicklung ein, worauf man die Kochröhre von der Flamme entfernt, aber das oxydirende Gemisch noch  $1\frac{1}{2}$ —3 Minuten einwirken läßt und darauf das Ganze in eine Schale mit Wasser schüttet. Man sammelt alsdann die noch ziemlich zusammenhängenden Stückchen, bringt sie abermals in eine Kochröhre und kocht sie wiederholt so lange mit Alcohol aus, als sich derselbe färbt, worauf man sie zuletzt noch einmal mit Wasser aufsiebet. Das Auskochen mit Alcohol ist in jedem Falle zu empfehlen, weil man nicht allein die vorhandenen harzigen Farbstoffe entfernt, sondern auch durch Aetherbildung den letzten Rest der flüchtigen Säure beseitigt, welche immer den Objectiven der Mikroskope mehr oder weniger gefährlich werden kann. Die Stückchen des macerirten Objectes werden unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel in ihre einzelnen jetzt freien Zellen zerlegt und diese nach Bedürfnis ausgelesen. Durch das beschriebene Verfahren wird 1. der Holzstoff aus den verholzten Zellen

entfernt und 2. die Intercellularsubstanz aufgelöst und haben mich zahlreiche Versuche mit dem Holz der Nadelhölzer gelehrt, daß der Holzstoff früher als die Intercellularsubstanz verschwindet, wodurch es bei sorgfältiger Behandlung sehr zarter Querschnitte sowohl möglich wird, die Intercellularsubstanz für sich zu isoliren, als auch dieselbe vollständig zu entfernen. Die Anwendung des SCHULZESCHEN Macerationsverfahrens auf sehr zarte Quer- oder Längsschnitte geschieht am besten auf der Objectplatte selbst und wird bei der Intercellularsubstanz näher beschrieben werden. — Wenn auch beim Kochen, namentlich stärkmehlhaltiger Gegenstände, mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure schwache Verpuffungen vorkommen, so habe ich doch, bei vielfacher Anwendung dieses Verfahrens, niemals gefährliche Explosionen erlebt. — Die Chromsäure hat eine ähnliche Wirkung auf den Holz- und Intercellularstoff. — Das SCHULZESCHE Macerationsverfahren darf niemals in dem Zimmer ausgeführt werden, wo Mikroskope aufgestellt sind, weil deren Gläser durch die sich entwickelnden Dämpfe gefährdet werden.

l) Salpetersaure Quecksilberlösung (Millons-Salz) als Reagens auf stickstoffhaltige Verbindungen, welche bei längerer Einwirkung, 15—30 Minuten, oder noch besser nach gelindem Erwärmen, durch dasselbe eine ziegelrothe Färbung annehmen.

m) Carmin in Aetzammoniak und Wasser gelöst, zur Färbung des Protoplasma und des Zellkernes.

n) Citronenöl oder ein anderes ätherisches Oel, zur Betrachtung des Pollens und der Sporen.

o) Eine mäßig starke Auflösung salzsauren Kalkes (1 Theil trockenes Chlorcalcium und 3 Theile destillirtes Wasser), zum Aufbewahren mikroskopischer Präparate. Diese Lösung ist für die meisten Sachen, selbst für sehr zarte Präparate, Stärkmehl ausgenommen, brauchbar. Wenn man ein Präparat, das man nicht sogleich zwischen Glasplatten aufbewahren will, einige Tage zu erhalten wünscht, so giebt man zweckmäßig einen Tropfen Chlorcalciumlösung auf dasselbe und bewahrt es, zum Schutz gegen Staub, unter einer Glasglocke.

p) Oelstäfs, ebenfalls zum Aufbewahren mikroskopischer Präparate, und zwar für Zellen, welche Stärkmehl enthalten, geeignet. Das letztere erhält sich unverändert. Bei Körnern, welche eine Schichtung zeigen, z. B. bei der Kartoffelstärke, pflegt diese freilich für die erste Zeit unsichtbar zu werden, aber schon nach

24 Stunden um so deutlicher wieder hervorzutreten. Das Oelstüfs macht die Präparate in der Regel durchsichtiger, und ist deshalb in manchen Fällen anwendbar, ja bisweilen als Aufbewahrungsmittel dem Chlorcalcium vorzuziehen, dagegen aus demselben Grunde wieder für sehr durchsichtige Gegenstände nicht zu empfehlen, doch ändert der Grad der Verdünnung hier viel, indem mit demselben auch das Aufhellungsvermögen abnimmt.

q) Copallack und Canadabalsam, ebenfalls zum Aufbewahren mikroskopischer Gegenstände, sind nur bei weniger dünnen, dazu trockenen, Holzsnitten, z. B. für fossile Hölzer, zu empfehlen, da beide den Gegenstand durchsichtiger als die Chlorcalciumlösung machen.

r) Endlich möchte noch kohlen-saures Natron in ziemlich starker Auflösung zur Digestion der Braunkohlenhölzer, sowie Salzsäure zur Digestion, freilich selten vorkommender, in kohlen-sauren Kalk über-gangener fossiler Hölzer, Erwähnung finden. Die Essigsäure, welche zur Deutlichmachung für thierische Gegenstände mit Vortheil ge-braucht wird, ist dagegen für pflanzliche Untersuchungen entbehrlich.

21. Zeichnenpapier, Bleifedern, Pinsel und Farben sind zu jeder tüchtigen Untersuchung nothwendig und findet man im Abschnitt VI dafür nähere Angaben.

Zu den entbehrlichen, aber für manche Fälle wünschenswerthen Zugaben für das Mikroskop gehören noch:

22. Der Polarisationsapparat, welcher sich bei den größeren Stativen mehr oder weniger bequem anbringen läßt und aus zwei NICOL'schen Prismen besteht, deren eines über dem Spiegel unter dem Objecttisch, das andere dagegen, entweder im Rohr über den Objectiven angebracht, oder einfach in einer Metallfassung auf das Ocular gestellt wird. HARTNACK und BÉNECHE geben für das obere NICOL'sche Prisma ein besonderes Rohr, v. MOHL empfiehlt dagegen die Anwendung desselben über dem Ocular; er bringt außerdem einen verstellbaren, aus drei Linsen bestehenden achromatischen Condensator von 3''' Brennweite und mit großem Oeffnungswinkel über dem unteren polarisirenden NICOL an, um durch selbigen eine bedeutende Concentrirung des vom Planspiegel kommenden Lichtes auf den Gegenstand zu bewirken und HARTNACK verwendet für denselben Zweck eine Flintglaslinse von kurzer Brennweite. Mit diesem verbesserten Apparat und unter Benutzung des Sonnenlichtes hat v. MOHL noch solche Gegenstände als doppelt brechend erkannt, welche bei



der gewöhnlichen Einrichtung des Polarisationsapparates als einfach brechend erscheinen, z. B. die Diatomeenschalen. — Mehrere Gips- und Glimmerblättchen von verschiedener Stärke sind, um die Farbe des Gesichtsfeldes zu verändern, desgleichen für sehr genaue Untersuchungen, als Zugabe nothwendig. — Der Polarisationsapparat gewährt am Mikroskop sowohl eine Reihe hübscher Farbenercheinungen, als auch durch diese Belehrung für wissenschaftliche Zwecke, und ist besonders geeignet, Spannungs- oder Dichtigkeitsunterschiede in der Substanz der Körper nachzuweisen und deshalb brauchbar die geschichtete Beschaffenheit eines Gegenstandes und die Art dieser Schichtung zu bekunden. Ueber seinen speciellen Gebrauch bitte ich im folgenden Abschnitt nachzulesen. — Der Polarisationsapparat ist für alle nicht zu kleinen Stative, welche eine Einschiebung des unteren Nicol's zwischen Spiegel und Objecttisch erlauben, anwendbar, und wird, nach der Gröfse der Kalkspathprismen, von den verschiedenen Optikern für 15—25 Thlr. geliefert.

23. Eine kleine Luftpumpe, zum Entfernen der Luft aus zarten Pflanzenschnitten, desgleichen zur Injection von Hölzern u. s. w. mit färbenden Flüssigkeiten. Wer eine gewöhnliche Luftpumpe besitzt, kann dieselbe für beide Zwecke anwenden, indem er die Gegenstände in einem Gefäfs mit Wasser oder mit der zu injicirenden Flüssigkeit unter den Recipienten derselben bringt und darauf die Luft auspumpt. In Ermangelung einer gröfseren Luftpumpe habe ich mir von SAUERWALD in Berlin (Kanonierstrafse 43) eine kleine Handluftpumpe, aus einer etwa 6" langen Pumpe mit doppeltem Ventil, an welche der kleine Recipient unmittelbar angeschraubt wird, bestehend, darstellen lassen. Den gläsernen Recipienten fülle ich für den ersten Zweck zur Hälfte mit Wasser, bringe die Pflanzenschnitte hinein, und gebe nach einander mehrere Stöße, worauf ich das Instrument für etwa 15 Minuten ruhig zur Seite stelle. In der Regel ist die Luft schon jetzt vollständig ausgetrieben und sind die vormals schwimmenden Pflanzenschnitte zu Boden gesunken; sollte dies aber nicht der Fall sein, so bedarf es noch einiger Stöße, um auch den letzten Rest der Luft zu entfernen. Wo man durch die Anwendung von Alcohol irgend welche chemische Veränderung befürchtet, ist dieses Verfahren empfehlenswerth. Wichtiger aber wird die Luftpumpe für die Injection und ist noch gar nicht abzusehen, was sich durch selbige erreichen läfst. Man bringt den zu injici-

renden Gegenstand in kleinen Stückchen und wenn erforderlich vorher durch Auskochen mit geeigneten chemischen Reagentien, Alcohol, verdünnten Säuren u. s. w. gereinigt, in den mit der zu injicirenden Flüssigkeit gefüllten Recipienten und verfährt wie vorhin angegeben. Will man mit Oel oder geschmolzenem Stearin injiciren, so muß der Gegenstand vollkommen trocken sein und im letzteren Falle der Recipient im Wasserbade erwärmt werden. Es ist zweckmäßig, die kleine Pumpe mit mehreren Recipienten zu montiren. SAUERWALD liefert dieselbe für 5 Thlr.

---

### III.

## Allgemeine Regeln für den Gebrauch des Mikroskopes und für die Herrichtung der Gegenstände.

---

Ein Hauptbedürfnis für jede mikroskopische Untersuchung ist, außer guten Instrumenten, das gehörige Licht. Wer über die Lage und Beschaffenheit seines Arbeitszimmers frei disponiren kann, sollte deshalb die Fenster nach Westen oder Norden, oder noch besser ein Eckzimmer, nach beiden genannten Himmelsgegenden mit Fenstern versehen, wählen. Die letzteren müssen möglichst hoch sein, da das vom Horizont erhaltene Licht immer das günstigste ist, weshalb in einer engen Strafe die Wohnungen der oberen Stockwerke vorzuziehen sind. Das von einer weissen Wolke reflectirte Licht ist für schwierige Objecte immer am günstigsten, jedoch kann eine von der Sonne beleuchtete weisse Wand ähnliche Wirkung haben. Das Licht schnell vorüberziehender Wolken ermüdet dagegen durch den raschen Wechsel der Intensität und Farbe das Auge, auch muß bei einer solchen Beleuchtung die Spiegelstellung fortwährend geändert werden. — Im Sommer wird man gut thun das Fenster zu öffnen, weil das Fensterkreuz und die Rahmen immer Licht wegnehmen. Bei directem Sonnenlicht ist für durchsichtige Objecte keine ordentliche Untersuchung möglich, indem das Sonnenlicht 1. viel zu blendend und für das Auge unerträglich ist, und 2. Erscheinungen bewirkt, die zu den grössten Täuschungen Veranlassung geben. Nur für das Polarisations-Mikroskop, welches ungleich mehr Licht verlangt, ist directes oder vermittelt eines Spiegels reflectirtes Sonnenlicht verwendbar, desgleichen hier und da für eine sehr grelle Beleuchtung von oben. — Wer des Vormittags und Mittags mit dem Mikroskope

arbeitet, hat ein nach Osten oder Süden gelegenes Zimmer zu vermeiden, doch läßt sich durch weiße Rouleaux oder Gardinen dem Uebel so ziemlich abhelfen.

Wem seine Augen lieb sind, der sollte bei Abend niemals mikroskopische Untersuchungen vornehmen. Zwar sieht man bei Lampenlicht oder Gaslicht manche Gegenstände recht schön, allein das Licht ist unweit greller als das Tageslicht und überdies noch gelb gefärbt. Wenn man es durch farbige, namentlich durch blaue Gläser auf den Spiegel fallen läßt, wird es dem Tageslichte ähnlicher und für das Auge angenehmer, desgleichen mildert ein mattgeschliffenes, in einen Holzrahmen gefaßtes, nicht gefärbtes Spiegelglas vor die Lampe gestellt, dessen Helligkeit. Fertige Präparate kann man bei einer derartigen Regulirung des Lampenlichtes sehr wohl bei Abend vorzeigen, auch manche keiner eigentlichen Präparation bedürftige Gegenstände untersuchen, dagegen halte ich es für unmöglich, bei Lampenbeleuchtung schwierige Präparate darzustellen. Für die eigentliche Untersuchung muß man sich immer auf den Tag beschränken.

Um das Licht des Horizontes durch den Spiegel des Mikroskopes aufzufangen, stellt man das letztere mindestens drei Fuß vom Fenster auf. Man wendet das Mikroskop mit dem Spiegel nach der Lichtseite und giebt dem ganzen Instrumente, namentlich aber dem Spiegel, indem man in das Ocular sieht, die verschiedensten Stellungen, d. h. man sucht nach Licht. Erst wenn das Gesichtsfeld am hellsten und weißesten erleuchtet ist, schiebt man den Gegenstand, den man beobachten will, unter das Mikroskop. Bei den größeren Instrumenten, deren Spiegel nach mehreren Richtungen drehbar ist, braucht man die Stellung des Statives selbst weniger zu verändern, indem man hier das Licht zunächst durch die verschiedenen Stellungen des Spiegels sucht; bei allen Mikroskopen dagegen, deren Spiegel nur nach einer Richtung beweglich ist, hat man die Stellung des Statives selbst zum Licht ungleich mehr zu beachten.

Will man undurchsichtige Gegenstände mit auffallendem Lichte betrachten, so nähert man oftmals das Mikroskop mit Vortheil dem Fenster, auch ist, da man für diese Art der Beleuchtung unweit mehr Licht bedarf, hier directes Sonnenlicht bisweilen anwendbar. In Ermangelung desselben bedient man sich der Sammellinse, durch welche man möglichst viel Licht auf den Gegenstand concentrirt. Man ver-

hindert dabei den Zutritt des von unten kommenden, jetzt störenden Lichtes am besten durch eine auf den Objecttisch gelegte geschwärzte Glas- oder Holztafel; doch ist für dunkle Gegenstände eine weiße, nicht glänzende, Unterlage vortheilhafter. In den gewöhnlichen Fällen genügt jedoch eine Stellung des Spiegels, welche kein Licht auf den Gegenstand der Untersuchung entsendet, und wird eine Bedeckung der Oeffnung im Objecttisch mit einer schwarzen oder weißen Unterlage selten nothwendig. Die Beleuchtung von oben scheint aber sogar bei durchsichtigen Gegenständen bisweilen Vortheil zu gewähren; man sieht z. B. die drei Liniensysteme der *Pleurosigma angulatum*, wenn man von oben beleuchtet, schon mit Objectiven, welche dieselben bei einer Beleuchtung von unten nicht zeigen würden, und stellt zu diesem Zweck das Mikroskopstativ so schief, daß die Sonnenstrahlen direct zwischen das Objectiv und den Gegenstand einfallen können. Das ältere System 7 von OBERHÄUSER und von BÉNECHE, desgleichen die stärkste Combination von WAPPENHANS, welche bei durchfallendem Licht für dieses Object gar nicht oder nur sehr ungenügend wirken, zeigen in diesem Falle mit starken Ocularen die Streifung sehr deutlich, jedoch mit Zugabe der verschiedensten Farben.

Für das auffallende Licht sind nur die schwächeren Objective anwendbar, weil durch den kurzen Abstand der stärkeren Linsencombinationen der Zutritt des auffallenden Lichtes zum Gegenstande behindert wird, was bei Objectiven mit breiter Fassung (SCHRÖDER und ZEISS) früher als bei solchen mit enger Fassung (BÉNECHE, HARTNAOK und NAGET) eintritt. Man hat deshalb Hilfsapparate erdonnen, unter welchen der LIEBERKÜHN'sche Spiegel der bekannteste ist und aus einem kleinen ziemlich convexen Metallspiegel besteht, welcher über die Fassung des Objectivs geschraubt, die vom Beleuchtungsspiegel des Mikroskopes neben den undurchsichtigen Gegenstand vorbeigehenden Lichtstrahlen auf den letzteren zurückwirft, weshalb bei diesem Verfahren die Oeffnung des Tisches durch Entfernung der Blendungen erweitert werden muß. Auch ist es nothwendig, den Gegenstand selbst auf eine kleine kreisförmige, entweder schwarze oder weiße undurchsichtige Tafel zu legen, welche kleiner als die Oeffnung der Tischplatte sein und zwar deren Mitte einnehmen muß. Mit Hilfe des LIEBERKÜHN'schen Spiegels

kann man für auffallendes Licht noch ziemlich starke Objectiv-Vergrößerungen anwenden<sup>1)</sup>.

Der Tisch, an dem man eine mikroskopische Untersuchung vornimmt, muß hinreichend groß sein und recht feststehen; man muß sich überhaupt so einrichten, daß alle Apparate, die man etwa benutzt, bequem zur Hand sind, wodurch man viel Zeit erspart, die bei einer mikroskopischen Untersuchung nur ohnehin zu schnell vergeht; auch ist bei einem sehr beschränkten Raum ein wirkliches Präpariren unter dem einfachen Mikroskop kaum möglich. Wie der Chemiker für genaue Untersuchungen eines besonderen Laboratoriums bedarf, so muß auch der mikroskopische Beobachter für seine Forschungen mindestens einen eigenen Arbeitstisch, der zu keinem anderen Zwecke dient, besitzen. Geräumige Schiebläden, zur Aufnahme der verschiedenen Apparate, sind an diesem Tisch sehr wünschenswerth.

Im kalten Zimmer beschlägt sowohl das Ocular als auch die Deckplatte, unter welcher ein Gegenstand liegt, vom Hauche des Beobachters. Dasselbe erfolgt, wenn man das Mikroskop aus einem kalten Raum in ein warmes Zimmer bringt. Man bewahrt deshalb sein Mikroskop für den Winter zweckmäßig im geheizten Zimmer, da es, zumal bei einem sehr massiven Objectische längerer Zeit bedarf, ehe sich das Instrument hinreichend erwärmt hat.

Jeden zu untersuchenden Gegenstand betrachtet man zuerst unter einer schwachen Vergrößerung, weil man bei ihr einen unweit größeren Theil desselben übersieht und so einen besseren Totaleindruck gewinnt. Bei einer schwachen Vergrößerung benutzt man für durchfallendes Licht die Blendungen mit weiter Oeffnung; sollte das Licht zu stark sein, so verwendet man statt des Hohlspiegels zweckmäßig den Planspiegel, der an größeren Mikroskopen selten fehlt. Bei Mikroskopen mit Cylinderblendungen dämpft man außerdem das Licht durch allmähliges Herabziehen der Blendung; bei der Scheibenblendung beschattet man dagegen den Gegenstand durch langsames Auf- und Abbewegen mit der linken Hand vor dem Spiegel. Nachdem man sich bei einer schwachen, etwa 50fachen, in einzelnen Fällen bei

---

<sup>1)</sup> SCHRÖDER hat ihn aus Stahl gefertigt zu 6 Thlr. notirt. Ich habe ihn niemals angewendet, glaube indess, daß er für manche Fälle werthvoll ist.

einer noch schwächeren Vergrößerung, gehörig orientirt hat, vertauscht man das schwache Objectivsystem mit einem stärkeren, und erst wenn das stärkste Objectivsystem, oder nach der Einrichtung der Mikroskope von NOBERT, SCHIEK, FLÖSSL und WAPPENHANS die stärkste Linsencombination verwandt ist, und man eine noch stärkere Vergrößerung wünschenswerth findet, greift man zu einem stärkeren Oculare. Ich benutze in der Regel nur das schwächste Ocular meines OBERHÄUSER'schen Mikroskopes (No. 1) und steigere, wie angegeben, die Vergrößerung, indem ich nach einander von den schwächeren zu den stärkeren Objectivsystemen übergehe. Was ich bei dem stärksten Objectivsystem und dem schwächsten Ocular nicht sehen kann, macht mir in der Regel auch kein stärkeres Ocular sichtbar; aber dennoch ist zum bequemeren Sehen und namentlich zum Zeichnen die Anwendung eines stärkeren Oculars oftmals nicht ohne Vortheil. So lange man durch Objective die Vergrößerung erhöhen kann, sollte man indess niemals zum Oculare seine Zuflucht nehmen, da durch ein stärkeres Ocular das Licht, noch mehr aber die Schärfe in der Zeichnung des Bildes abnimmt, was bei Anwendung starker Objective nicht der Fall ist; muß man aber starke Oculare anwenden, so sind die orthoscopischen Oculare den gewöhnlichen bei weitem vorzuziehen. Wenn es sich bei sehr zarten Gegenständen um eine bedeutende Schärfe des Bildes handelt, ist es sogar bisweilen vortheilhaft, das Rohr des Mikroskopes zu verkürzen und dadurch das Ocular dem Objectivsystem zu nähern, wodurch das Bild zwar kleiner aber schärfer und lichtstärker als bei ganzem Rohr erscheint. Bei Anwendung der stärkeren Objective benutzt man vortheilhaft eine Blendung mit kleiner Oeffnung, welche das überflüssige Licht abhält und dadurch dem Bilde größere Schärfe verleiht. Durch ein ganz allmähliges Herabziehen der Cylinderblendung beschränkt man alsdann noch weiter den Lichtkegel, der vom Spiegel auf den Gegenstand geworfen wird, und bewirkt damit ganz allmählig eine dunklere und deshalb deutlichere Zeichnung des Gegenstandes. In ganz schwierigen Fällen ist es auch gut das ins Mikroskop sehende Auge mit der linken Hand zu beschatten, oder, nach OBERHÄUSER'S Angabe, einen etwa  $1\frac{1}{2}$  Fuß langen und fast eben so breiten Pappschirm, der vor dem Mikroskop an einer in den Arbeitstisch eingeschraubten Eisenstange auf- und abbewegt werden kann, zum Abhalten des fremden Lichtes vom Auge, zu verwenden. Dieser

Schirm wird an der Stange soweit gehoben und vermittelt einer Schraube festgestellt, daß der Spiegel sein Licht vom Horizont empfangen kann. Allein das Beschatten mit der Hand ist bequemer und für die meisten Fälle ausreichend und auch bei auffallendem Licht mit Vortheil anzuwenden. — Die richtige Benutzung der Blendungen darf namentlich bei den besten, sehr lichtstarken Objectivsystemen nicht außer Acht gelassen werden, da es von der zweckmäßigen Behandlung des Beleuchtungs- und Blendungsapparates zunächst abhängt, die volle Wirkung dieser Gläser zu erzielen. Je lichtstärker das Objectivsystem, um so mehr muß bei zarten Gegenständen abgeblendet werden.

Zuerst betrachtet man den Gegenstand, wenn er zart genug ist, um mit durchfallendem Licht gesehen zu werden, mit gerade durchfallender Beleuchtung und zwar bei verschiedenen allmählig gesteigerten Vergrößerungen. Bleiben alsdann noch Einzelheiten in der Zeichnung undeutlich, so benutzt man darauf schief durchfallendes Licht und läßt dasselbe in den verschiedensten Winkeln auf den Gegenstand einwirken. Bei OBERHÄUSER'S großem Stativ erreicht man das letztere durch die Drehung des Objectisches um seine Achse; wo diese Einrichtung fehlt, muß man dagegen die Lage des Gegenstandes durch Verschiebung mit der Hand verändern. Körperliche Linien, durch Erhöhungen oder Vertiefungen, durch ungleiche Dichtigkeit der Masse, oder durch ein ungleiches Brechungsvermögen der Substanz hervorgerufen, treten immer am schärfsten hervor, wenn das schiefe Licht im rechten Winkel gegen sie fällt; wo man demnach eine solche Linie vermuthet, oder nur undeutlich wahrnimmt, hat man dieselbe im rechten Winkel gegen das schief einfallende Licht zu stellen. Bei sehr schiefer Spiegelstellung kann man nur Blendungen mit weiter Oeffnung benutzen und entfernt deshalb bei den großen Stativen mit Cylinderblendungen den ganzen Blendungsapparat. Auch mit auffallendem Licht sollte man niemals versäumen durch Drehung des Tisches oder durch Drehung des Gegenstandes selbst, das concentrirte Licht in den verschiedensten Richtungen auf den Gegenstand einwirken zu lassen. Schmetterlingsschuppen gewähren auf diese Weise die schönsten Farbenerscheinungen.

Während bei allen übrigen Objectiven der Raum zwischen den letzteren und dem Gegenstande durch Luft ausgefüllt wird, kommt



für die Wasserlinsen zur Ausfüllung desselben eine Wasserschicht in Anwendung. Man bringt deshalb auf die Deckplatte über dem zu betrachtenden Präparate mit einem feinen Glasstab oder vermittelt einer Spritzflasche einen oder zwei Tropfen destillirten Wassers und taucht die Linse in diesen Tropfen. Gewöhnliches Wasser darf, wegen seines Kalkgehaltes, niemals angewendet werden, da es die untere Linse des Objectivs, welche nach dem Gebrauch immer sogleich und sehr sorgfältig abzutrocknen ist, beschädigen könnte.

In den meisten Fällen wird man die Gegenstände unter Wasser betrachten, bisweilen aber auch andere Medien anwenden müssen. Für auffallendes Licht wirkt oft das Wasser, zumal wenn es den Gegenstand nicht ganz bedeckt, durch Reflection, sehr störend, es ist deshalb für körperliche Gegenstände, z. B. für den Embryo der Gräser, zweckmäßig dieselben zuerst trocken und darauf unter Wasser zu betrachten. Durch Bedecken mit einer Deckplatte und Hinzufügen von Wasser mit einem Haarpinsel gelingt es auch meistens den Gegenstand vollständig unter Wasser zu bringen, desgleichen sind für dickere Präparate Objectgläser mit eingeschliflenen Vertiefungen vortheilhaft. Aufser dem Wasser können Salzlösungen, Säuren, Alcohol, Aether, Oelstüfs, ätherische und fette Oele als Untersuchungsmedien dienen, doch sind die beiden letztgenannten und ebenso der Canada-balsam, nur für trockene, d. h. vorher aller wässerigen Feuchtigkeit beraubte, Gegenstände anwendbar.

Bei schwachen Vergrößerungen ist ein Bedecken des Gegenstandes mit einem Deckglase nicht nothwendig; ja es ist oftmals, wenn man das Präparat umzukehren wünscht, oder dasselbe durch einen nochmaligen Schnitt oder ein weiteres Präpariren zu verbessern hofft, sehr vortheilhaft es nicht zu bedecken. Bei Anwendung ganz starker Objectivsysteme wird dagegen leider der Focalabstand zu kurz und ist man deshalb, um ein Beschlagen der Linse oder gar ein Eintauchen derselben in die auf dem Objectträger befindliche Flüssigkeit zu vermeiden, genöthigt, Deckgläser anzuwenden. Die letzteren schützen auch vor dem Verdunsten der Flüssigkeit, durch welches man ohne Bedeckung gar leicht zarte Präparate durch Eintrocknen verliert. Aber selbst bei dem Gebrauche der Deckgläser vermindert sich während der Beobachtung die Flüssigkeit, in welcher der Gegenstand liegt, und muß deshalb, vermittelt eines Glasstabes oder feinen Haarpinsels, durch einen neuen Tropfen, der an den

Rand des Deckglases gebracht wird, ersetzt werden, welcher Handgriff auch zweckmäßig bei Präparaten, die schon im Wasser liegen und denen man chemische Reagentien zuführen will, Anwendung findet.

Wenn man irgend chemische Reagentien, es sei nun Jod, Aetzkali oder irgend eine Säure verwendet, so sollte man niemals das Bedecken des Gegenstandes mit einer dünnen Deckplatte versäumen; bei flüchtigen Säuren, Salpetersäure und Salzsäure, kann man überhaupt nicht behutsam genug zu Werke gehen und vermeide ich ihren Gebrauch soviel als irgend möglich. Noch ungleich nachtheiliger wirkt Schwefelwasserstoffgas, durch Bildung von Schwefelblei, auf das Flintglas, welches bei den Objectiven einiger Optiker, die nach unten gewandte Planseite der letzteren bildet. Für diese Gasart und ebenso für Chlor und ähnliche Dämpfe ist das Mikroskop sorgfältig zu schützen, weshalb auch, wie ich schon oben erwähnte, das von SCHULZE vorgeschlagene Kochen der Gegenstände mit chloresaurem Kali und Salpetersäure nicht in dem Zimmer, wo das Mikroskop steht, vorzunehmen ist. In einem chemischen Laboratorium aber würde ich, aus demselben Grunde, niemals ein gutes Mikroskop bewahren.

Wer das Mikroskop täglich gebraucht, der wird es zweckmäßig unter einer hohen Glasglocke, oder unter einem gut schließenden Glaskasten verwahren. Ehe man sein Mikroskop, nach beendigtem Tagewerk, zur Seite stellt, empfehle ich, namentlich jedem Anfänger, eine sorgfältige Prüfung seiner Objectivlinsen vermittelt der Lupe, da es sogar einem geübten Beobachter nicht selten vorkommt, daß er sein Objectiv in die Flüssigkeit des Objectträgers taucht oder dasselbe sonstwie verunreinigt. Ward die Linse nur durch destillirtes Wasser benetzt, so schadet dieses nichts; das Eintrocknen eines kalkhaltigen Wassers auf der Linse möchte dagegen schon weniger gleichgültig sein, da nach dem Verdunsten des Wassers die Kalksalze fest auf dem Glase haften und später beim Reinigen leicht zu kleinen Schrammen Veranlassung geben. Man reinigt die Objective, wenn sie bestäubt oder durch atmosphärische Niederschläge etwas blind geworden sind, mit trockenem Fliedermark, indem man mit einem reinen Rasirmesser die Fläche, die einmal benutzt ist, abschneidet und die neue Fläche zur weiteren Reinigung anwendet und endlich mit einem reinen Haarpinsel die Partikeln des

Fliedermarks entfernt. Ist die Linse naß geworden, so trocknet man sie zuerst vorsichtig mit einem reinen, oftmals gewaschenen leinenen Tuche, am besten mit sogenanntem Kammer- oder Nesseltuch und benutzt darauf das Fliedermark. Ist die Linse gar mit einer Säure oder einer anderen scharfen Flüssigkeit verunreinigt, so spült man sie mittelst der Spritzflasche mehrmals mit destillirtem Wasser ab und trocknet und reinigt sie dann, wie angegeben. Die Oculare und der Spiegel werden desgleichen am besten mit weichem Kammertuch gereinigt. Alcohol und Aether sollte man nur mit großer Vorsicht zum Reinigen der Objective anwenden, da diese Flüssigkeiten leicht zwischen die Fassung der Linse dringen und an den Kitt, der Kron- und Flintglas verbindet und meistens aus Canadabalsam oder aus Mastix besteht, gelangen können. Eine auf diese Weise verdorbene Linse kann nur durch einen geschickten Optiker, der sie auseinandernimmt und neu zusammenkittet, wieder brauchbar gemacht werden. Je vorsichtiger man sein Mikroskop vor allen Nachtheilen zu schützen weiß und je sauberer man dasselbe hält, um so bessere Dienste wird es leisten und um so länger seine ursprüngliche Güte bewahren.

Die größte Reinlichkeit und Accuratesse ist überhaupt für mikroskopische Forschungen unerlässlich. Man muß es sich zum Gesetze machen, immer nur das reinste Wasser, in dem reinsten Gefäße zum Benetzen der Objectplatte zu verwenden. Aber selbst bei dieser Vorsicht läßt sich eine Verunreinigung des zu betrachtenden Gegenstandes durch Staubtheile nicht gänzlich vermeiden. Einem geübten Beobachter werden derartige fremde Dinge nicht leicht gefährlich werden, einen Anfänger können sie jedoch unschwer auf falsche Wege führen. Gestandenes Wasser sollte man niemals benutzen, da dasselbe fast immer niedere Thiere und Pflanzen enthält, desgleichen muß man, falls man nacheinander verschiedenartige Gegenstände untersucht, für jeden neuen Gegenstand jedesmal auch neues Wasser anwenden, damit nicht Theile der früher untersuchten Gegenstände mit dem Wasser auf die Objectplatte gelangen. Manche Irrthümer entstanden vielleicht einzig und allein aus einer solchen Nachlässigkeit.

Um fremde, nicht zum Untersuchungsgegenstand gehörige, Stoffe als solche zu erkennen, ist es nothwendig, sich mit den Dingen, die trotz aller Vorsicht nicht immer zu vermeiden sind, vorher bekannt

zu machen: dahin gehören 1. die Luftblasen, welche bei durchfallendem Licht als gröfsere oder kleinere, am Rande schwarz gefärbte, bei auffallendem Lichte aber als am Rande weifs gefärbte Kreise erscheinen. Bei Anwendung der Deckplatten und ebenso bei Berührung mit den Gegenständen gewinnen die gröfsere Luftblasen häufig eine unregelmäfsige Gestalt, doch bleibt das erwähnte optische Verhalten immer und auch für solche in und zwischen den Zellen, das beste Criterium. 2. Farblose oder bunt gefärbte Fasern, aus Papier oder aus leinenen, baumwollenen und seidenen Geweben, durch Tücher, mit denen man die Objectgläser reinigte, auf letzteren zurückgeblieben, desgleichen thierische Haare, durch den Pinsel veranlafst. 3. Unregelmäfsige, körnige, oftmals gefärbte Staubtheile; wahrscheinlich Zersetzungsproducte von Organismen. — Wenn man Pflanzen oder Theile derselben, die in oder auf der Erde oder im Wasser wachsen, beobachten will, so mufs man auferdem eine grofse Sorgfalt auf die vielen dort vorkommenden Organismen verwenden. Man mufs sich durch eigene Anschauung mit den niederen Thier- und Pflanzenformen bekannt zu machen suchen, und z. B. die allgemeinen Formen der Infusorien und der Diatomeen, desgleichen die Gährungspilze, die Schimmelbildungen, die Oscillatorien, die Conferven u. s. w. kennen lernen, um selbige von dem eigentlichen Gegenstande der Untersuchung sondern zu können. Zu den Dingen, welche gleichfalls Täuschungen veranlassen können, gehören noch die Epithelialzellen der Schleimhaut des Mundes, falls man, was niemals empfehlenswerth ist, den Pinsel, mit dem man den Gegenstand auf die Objectplatte bringt, vorher durch den Mund gezogen hat. — Wenn man kleine Gegenstände zwischen Daumen und Zeigefinger oder auf letzterem schneidet, so erhält man häufig zu gleicher Zeit sehr dünne Schnitte durch die Haut des Fingers, und gilt ein Aehnliches beim Schneiden zwischen Kork und Fliedermark für die Verunreinigung des zu untersuchenden Objects mit diesen Stoffen, welche man vorher kennen mufs, um sie, als nicht zur Sache gehörig, unterscheiden zu können.

Das Messer verursacht bisweilen Täuschungen anderer Art, indem es, zumal bei ungenügender Politur, Streifen auf der Schnittfläche veranlafst. Bei harten Hölzern, z. B. bei dem Holz der Palmen und baumartigen Farn, desgleichen bei stark verdicktem Sameneiweifs (*Phytelephas macrocarpa*) ist diese Erscheinung häufig bemerkbar. Man darf eine solche Streifung nicht für etwas dem Gegenstand

Angehöriges, etwa für eine Schichtung in der Verdickungsmasse halten, und wird, wenn man genau beachtet, wie und in welcher Richtung das Messer gewirkt hat, sich leicht orientiren können.

Allgemein verbreitete oder zufällige Bewegungserscheinungen können außerdem Irrthümer veranlassen, weshalb man auch diese kennen muß. Die Molecularbewegung ist allen ganz kleinen, in einem dünnflüssigen Medium enthaltenen, Körpern eigen, und besteht in einer gewissermaßen zitternden Bewegung der letzteren; man sieht dieselbe häufig bei dem Inhalt der Pollenkörner und beobachtet sie noch besser bei einigen thierischen Flüssigkeiten, z. B. der Milch, von der man ein Minimum, in Wasser vertheilt, bei 200—400maliger Vergrößerung unter das Mikroskop bringt. Ist man einmal mit diesem Phänomen bekannt, so wird man durch selbiges nicht mehr getäuscht werden. — Dasselbe gilt von den zufälligen Strömungen der Flüssigkeit auf der Objectplatte, die sowohl durch ein Verdunsten, als durch eine Mischung zweier Flüssigkeiten von ungleichem specifischen Gewicht, oder durch eine Auflösung vorhandener Salze u. s. w. hervorgerufen werden. Wenn man neben dickeren Gegenständen auch kleinere und zwar zunächst runde Körper, z. B. neben den Klappen einer Lebermooskapsel noch Sporen und Schleuderer, auf einer Objectplatte und unter einem und demselben Deckglas betrachtet, so schwimmen zu Anfang der Beobachtung die letzteren häufig im Wasser umher und werden erst, wenn die Flüssigkeit zur Ruhe kommt, stille. Dagegen ist das Schwingen der Oscillatorienfäden eine wirkliche, wenngleich noch nicht erklärte, der Pflanze eigenthümliche Bewegungserscheinung, und gilt dasselbe von den raschen und scheinbar willkürlichen Bewegungen der Schwärmfäden reifer Antheridien, sowie der bewimperten Algen sporen. Ganz besonders interessant ist auch das Strömen des Zellsaftes in der Pflanzenzelle selbst, über welche Erscheinungen man im folgenden Abschnitt das Nähere findet.

Zu Täuschungen, die durch das Auge selbst entstehen, gehören die sogenannten *Mouches volantes*, die zum Theil durch schleimige Absonderungen der Meibomschen Drüsen hervorgerufen werden und, als schleimige Fäden über das Sehfeld verlaufend, bei Leuten, die selten mit dem Mikroskop arbeiten, häufiger vorkommen. Ferner die Schattenbilder scheinbarer Gefäßverzweigungen in einer gewissen Region des Auges, welche sehr häufig als perlchnurartige Reihen auftreten und deshalb vielfach für Zweige feiner Capillaren gehalten

wurden. Die Unbeweglichkeit der vermeintlichen Blutkörperchen hat mir indess seit lange diese Deutung zweifelhaft gemacht und haben **DONDERS** und **JANSEN** am hinteren Theil des Glaskörpers solide Körperchen nachgewiesen, welche derartige Mouches volantes erzeugen. Man bemerkt dieselben nicht allein, wenn man in das Mikroskop blickt, sondern auch und zwar noch deutlicher, wenn man auf eine weisse Schneefläche oder auf eine hell erleuchtete Wolke sieht. Diese Art der Mouches volantes sind mehr oder weniger jedem Auge, wenn man genau darauf achtet, eigen; wenn sie dagegen sehr unangenehm hervortreten und man sie überall erblickt, so bekundet dies Verhalten eine gereizte Beschaffenheit des Auges und thut man besser, das letztere für kurze Zeit zu schönen. Mir ist diese Art der Mouches volantes für beide Augen schon seit funfzehn Jahren bekannt, ohne daß ich bei der angestrengtesten Benutzung der letzteren irgend welche Verschlimmerung oder gar Verminderung meines Sehvermögens bemerkt hätte. Ich erinnere endlich noch an eine andere Erscheinung, die sich bei Anwendung von directem Sonnenlicht oder grellem Lampenlicht, unter der Gestalt unregelmässiger über das Sehfeld verbreiteter Flecken, von denen bei gewöhnlicher Beleuchtung nichts sichtbar ist, bekundet. Dreht man das Ocular um seine Achse, so drehen sie sich mit und reinigt man dasselbe, so vermindern sie sich; es sind also nur Unreinigkeiten auf oder in den Gläsern, die bei sehr hellem Licht als runde Flecken zur Erscheinung kommen.

Da man verhältnissmässig selten mit auffallendem Licht beobachtet, das durchfallende Licht aber nur für ganz zarte Gegenstände anwendbar ist, so besteht die Hauptaufgabe des Beobachters darin, den nicht durchsichtigen Gegenstand planmässig so herzurichten, daß man die Einzelheiten desselben bei durchfallendem Licht deutlich wahrnehmen kann. — Nach dem Gegenstand und nach der Frage, die man durch das Mikroskop zu beantworten wünscht, wird hier das Zerkleinerungsverfahren einzurichten und zweckmässig zu verändern sein. Feste gleichartige Gewebe, z. B. Hölzer, wird man ganz anders als weiche, aus verschiedenen Organen zusammengesetzte Theile, z. B. Knospen und Blüten, zu behandeln haben. Bei ersteren genügt es, möglichst zarte Schnitte nach bestimmten Richtungen zu führen; bei letzteren kommt es dagegen nicht allein auf die Richtung, sondern eben so sehr auf den Punkt, durch den der Schnitt geführt wird, an; man muß hier einen gelungenen Längsschnitt genau durch

die Mitte des ganzen Pflanzentheiles und eben so gelungene Querschnitte in verschiedenen Höhen, um die Stellung der Organe zu einander zu erfahren, darstellen; außerdem muß man die einzelnen Theile selbst losrennen und selbige für sich untersuchen, wozu in vielen Fällen die Anwendung des Präparirmikroskopes nothwendig wird.

Selbst die Art des Messers muß, wenn man mit Erfolg arbeiten will, dem Gegenstande entsprechen. Für Hölzer und harte Gegenstände verwendet man, wie ich schon oben bemerkte (S. 41) am besten sehr gute englische, nicht hohl geschliffene Rasirmesser mit breitem Rücken; bei weichen und saftigen Gegenständen sind dagegen hohlgeschliffene Messer empfehlenswerther. Ehe man schneidet, macht man zuvor zweckmäßig die Oberfläche des Gegenstandes mit einem minder guten Messer glatt, benetzt darauf die ebene Schnittfläche mit einem Tropfen Wasser oder einer anderen geeigneten Flüssigkeit und schneidet nun, indem man das Messer ganz flach auflegt und langsam, aber ohne abzusetzen, mit sicherer Hand nach sich hinzieht, wobei nach jedem zweiten oder höchstens jedem dritten Schnitt das Messer wieder über den Streichriemen geführt werden muß. Die erhaltenen zarten Schnitte bringt man darauf mit einem feinen Haarpinsel, den man vorher in reines Wasser taucht, in einen Wassertropfen, der schon auf der Objectplatte für sie vorbereitet ist. Bei saftigen Gegenständen wird ein Befeuchten der Schnittoberfläche überflüssig, und bei harzerfüllten Hölzern ist ein Befeuchten mit Alcohol empfehlenswerth; im übrigen verfährt man ganz, wie oben angegeben wurde. Man darf den Pinsel, mit dem man die Gegenstände auf die Objectplatte überträgt, niemals durch den Mund ziehen, weil man sonst, durch Epithelialzellen der Schleimhaut des Mundes, das Präparat verunreinigt. Nur selten werden größere Schnitte über ihre ganze Ausdehnung gleich vollkommen ausfallen und sind die Randpartien der Schnitte überhaupt in der Regel am gelungensten. Man hat deshalb weniger auf die Größe des Präparates, als auf die zarte Beschaffenheit desselben und auf die vollkommene Erhaltung seiner Zellen zu achten und darf sich die Mühe nicht verdriessen lassen, bis man allen Anforderungen entsprechende Präparate erlangt hat. Sehr harte Hölzer oder Samen läßt man zweckmäßig 1—2 Tage in kaltem Wasser weichen, ehe man sie schneidet. Auch kann zur Herstellung der allerzartesten

Durchschnitte weicher Hölzer u. s. w. die Injection mit geschmolzenem Stearin empfohlen werden. So injicirte Hölzer gewähren Durchschnitte von einer Zartheit, die sonst nicht zu erreichen ist (das Stearin wird später durch Behandeln mit Aether oder Benzin entfernt).

Die ungleiche Beschaffenheit der Gewebe eines Gegenstandes verursacht oftmals für den Schnitt weit grössere Schwierigkeiten als die Kleinheit anderer Körper. Wenn man z. B. einen zusammenhängenden zarten Quer- und Längsschnitt durch Rinde, Cambium, Holz und Mark eines dicotyledonen Zweiges oder einer solchen Wurzel verlangt, so werden derartige Präparate nicht überall im Augenblick darzustellen sein, weil häufig an den Grenzen der verschiedenen Gewebe durch das Messer eine Trennung derselben von einander stattfindet. Man wird hier lange schneiden und aus vielen Schnitten den vollkommensten erwählen müssen. Das allerschärfste Messer und eine sichere und langsame Führung desselben ist dazu durchaus nothwendig. Im Allgemeinen wird es rathsamer sein, von der harten in die weiche Partie überzugehen. Bisweilen gelingt auch der Schnitt, wenn man das Messer gleichzeitig auf die verschiedenen Theile und zwar in etwas schiefer Richtung zum Verlauf der Holzzellen, oder beim Querschnitt zum Verlauf der Markstrahlzellen, einsetzt, doch läßt sich hier, wie in so vielen anderen Fällen, keine bestimmte Regel angeben und muß der Untersucher selbst prüfen und nach der Beschaffenheit des Gegenstandes sich selbst ein geeignetes Verfahren bilden. Die Schnittfläche ist auch hier jederzeit feucht zu halten.

Wenn bei trockenen Gegenständen die Gewebe nicht mehr zusammenhalten, so daß auf gewöhnliche Weise die Darstellung eines Querschnittes unmöglich ist, gelangt man oftmals durch Injection mit geschmolzenem Stearin zum erwünschten Ziele. Dasselbe bewährt sich für diesen Fall besser als eine Gelatinalösung in Wasser. Unter Anwendung beider Mittel habe ich noch zarte Querschnitte durch stark vermodertes Holz aus Hünengräbern erhalten.

Saftige oder schwammige Gewebe sind in der Regel grofszellig und bedürfen deshalb keiner sehr dünnen Schnitte, die bei ihnen immer schwierig zu erreichen sind. Weiche thierische Gewebe legt man, wenn es nicht darauf ankommt sie ganz frisch zu beobachten, zweckmäßig einige Tage in Spiritus oder Holzessig, desgleichen in



eine Auflösung von chromsaurem Kali, und hat mir in neuester Zeit die Anwendung von Weingeist, auch für weiche Pflanzentheile, treffliche Dienste geleistet, nur scheint die Dauer des Verweilens nach den Objecten verschieden zu sein. Durch Alcohol erhärtete Gegenstände dürfen beim Schneiden nicht mit Wasser benäht, vielmehr, wenn es nöthig wird, mit Alcohol befeuchtet werden; dagegen überträgt man die erhaltenen Quer- und Längsschnitte, wie gewöhnlich, in einen Wassertropfen. Ein Tränken des Gegenstandes mit dickem Gummischleim und ein langsames Eintrocknen des letzteren an der Luft ist außerdem in manchen Fällen für weiche Thier- und Pflanzentheile zu empfehlen. Das für weiche thierische Gewebe, wie einige behaupten, unentbehrliche Doppelmesser erscheint mir dagegen für die Pflanzenanatomie sehr überflüssig. Bei Anwendung desselben für thierische Gegenstände hat man namentlich darauf zu achten, daß, ehe man schneidet, der Raum zwischen beiden Messerklingen mit Wasser gefüllt wird, was durch Schließen des Messers unter Wasser am besten erreicht wird.

Die relative Größe der Gegenstände bedingt außerdem noch Aenderungen des Verfahrens der Zerkleinerung. Während man größere Gegenstände mit der linken Hand oder mit dem Daumen und Zeigefinger derselben faßt, klemmt man sehr kleine oder sehr dünne Gegenstände, z. B. Moosstengel, zarte Zweige und Wurzeln, Blätter, abgezogene Oberhaut oder andere Gewebesichten, kleine Samen u. s. w., in der auf S. 43 beschriebenen Weise, zwischen Fliedermark oder Kork. Kleine ganz zarte Theile, die den Druck zwischen Fliedermark nicht mehr vertragen, legt man endlich mit genauer Berücksichtigung ihrer Lage, ohne sie zu drücken, zwischen Daumen und Zeigefinger. Letzteres Verfahren wird besonders da anwendbar, wo man einen kleinen Gegenstand in zwei gleiche Hälften theilen will; wünscht man dagegen die Mittellamelle eines kleinen Gegenstandes, z. B. einer Samenknospe zu erhalten, so bringt man selbige oftmals zweckmäßiger auf den Zeigefinger, und benutzt den Daumen nur um ein Verschieben derselben zu verhüten. Oft ist es vortheilhaft, den Finger ein wenig zu befeuchten, indem sich der Gegenstand alsdann weniger leicht verschiebt. Man führt den Schnitt auch hier ganz langsam und mit sicherer Hand, indem man, was überhaupt beim Schneiden vortheilhaft ist, den linken Arm fest gegen den Tisch stemmt. Die so erhaltenen Durchschnitte kleiner Gegenstände

betrachtet man zuerst ohne Deckglas mit einer entsprechenden Vergrößerung, auch wird es oftmals rathsam, das Präparat umzukehren, namentlich dann, wenn man durch einen nochmaligen Schnitt dasselbe zu verbessern wünscht, wobei man sich genau diejenige Seite bemerkt, an welcher der neue Schnitt auszuführen ist, desgleichen die Stelle, wo man etwas wegzunehmen hat. Ganz kleine Gegenstände legt man nun wiederum, wie vorhin beschrieben, auf den Zeigefinger der linken Hand und versucht einen neuen Schnitt, der, wenn auch nicht immer, so doch häufig gelingt. Ehe man schneidet, empfehle ich hier die Anwendung der Lupe, um durch sie von der richtigen Lage des Gegenstandes für den auszuführenden Schnitt überzeugt zu sein. Ist der Schnitt jetzt zart genug, sind aber noch Theile vorhanden, deren Entfernung zur Lösung der Hauptfrage wünschenswerth ist, so bringt man denselben nunmehr unter das Präpararmikroskop und versucht die störenden Theile mit der Nadel oder mit einem feinen Messer zu entfernen.

Für ganz kleine Samen, Pollenkörner und für die Sporen der Kryptogamen empfehle ich ein Verfahren, welches sehr häufig schöne Durchschnitte gewährt. — Man nehme eine etwa zolllange und möglichst dicke Stange trockenes Fliedermark, ebene die eine Fläche derselben durch einen glatten Schnitt und überziehe sie darauf mit einer mäßig dicken Schicht eines sehr consistenten Gummischleimes, welcher klar und von allen Unreinigkeiten frei sein muß, was durch 1—2tägiges Absetzen der Gummilösung erreicht wird. Man stellt darauf die kleine Fliedermarksäule aufrecht und läßt die Gummischicht langsam austrocknen. Wenn dieselbe trocken geworden ist, so trägt man eine zweite Schicht desselben Gummischleimes über die erste und streut dann in dieselbe die zu untersuchenden kleinen Gegenstände. Die Fliedermarksäule wird wiederum ruhig und aufrecht zur Seite gestellt und, wenn auch die zweite Gummischicht trocken geworden, noch eine dritte Schicht aufgetragen, so daß die zu schneidenden Gegenstände ganz im Gummi eingebettet liegen. Ist endlich auch diese letzte Schicht bei aufrechter Stellung der Fliedermarksäule trocken geworden, so führt man mit einem äußerst scharfen hohlgeschliffenen Rasirmesser langsam möglichst zarte Schnitte durch die Gummidecke auf dem Fliedermark und hebt selbige mit einer feinen trockenen Nadel von der Messerklinge, um sie in einen Tropfen Wasser, der schon auf dem Objectglase

bereit ist, zu übertragen. In der Regel werden die ersten Schnitte noch leer ausfallen, bis man tiefer diejenige Schicht erreicht, in welcher die kleinen Gegenstände eingebettet liegen. Bei einiger Uebung und Geduld wird man oftmals die elegantesten unglaublich feinen Durchschnitte erhalten. Wesentlich ist hierbei, daß die Gummimasse einen ganz bestimmten Grad der Trockenheit besitzt und weder spröde noch weich ist, weshalb man, wenn sie zu trocken geworden, durch den Hauch des Mundes nachhelfen muß, auch zweckmäßig die Gummilösung mit etwas Zucker versetzt, um das Sprödewerden beim Austrocknen zu verhüten. Die Schnitte durch die Gummimasse müssen durchaus glatte Späne bilden, sie dürfen nicht geschabt sein, weil alsdann die Gegenstände mehr oder weniger zerrissen sind, weshalb auch die Messerklinge den höchsten Grad der Schärfe und Politur besitzen muß. — Nach diesem Verfahren habe ich wunderschöne Schnitte durch zahlreiche Pollenkörner, desgleichen durch die Sporen vieler Kryptogamen, durch Stärkemehlkörner und durch die sehr kleinen Samen der Orobanchen erhalten, und muß nur bemerken, daß natürlich nicht alle neben einander mit demselben Schnitt erhaltenen Durchschnitte gleich gut ausfallen und daß man deshalb, wenn die Gegenstände noch groß genug sind, die schlechteren Durchschnitte unter dem Präparirmikroskop entfernen kann, bei ganz kleinen Objecten aber zweckmäßig davon absteht. Will man die Durchschnitte aufbewahren, so schadet der Gummischleim nicht und kann als Aufbewahrungsflüssigkeit sowohl Chlorcalciumlösung als auch Oelstift Anwendung finden. — Die Fliedermarksäulen können außerdem, mit Bezeichnung des Gegenstandes, aufbewahrt werden und geben noch über Jahr und Tag, wenn ihre Gummidecke durch den Hauch des Mundes wieder angefeuchtet wird, dieselben eleganten Präparate. — Der Blütenstaub wird zweckmäßig vorher durch Schütteln mit Aether in einer verschlossenen Glasröhre gereinigt. (Von thierischen Haaren erhält man nach etwas modificirtem Verfahren gleichfalls treffliche Durchschnitte.)

Bei stark behaarten Pflanzentheilen, desgleichen bei Längs- und Querschnitten durch verschiedene Pflanzengewebe wird oft die Gegenwart der Luft, die sich in bestimmten Räumen angesammelt hat, für die Beobachtung unangenehm. Man entfernt dieselbe am besten, indem man das Präparat für einige Minuten in ein Uhrschälchen mit Alcohol legt; aus dem letzteren muß es dann wieder in Wasser gebracht und darauf erst auf die Objectplatte übertragen werden. In

Fällen, wo auch der Inhalt der Zellen, auf den der Alcohol in der Regel verändernd einwirkt, zu berücksichtigen ist, bedient man sich zur Entfernung der Luft am besten der Luftpumpe (S. 51) und nur in Ermangelung derselben des Quetschers, den man ganz allmählig, während man in das Mikroskop sieht, wirken läßt. Sollte auch das Compressorium fehlen, so muß ein leiser Druck des Fingers auf die Deckplatte dasselbe ersetzen. Als Beispiel gedenke ich der Samenknospen der Orchideen, die erst nach der Entfernung der Luft zwischen den Integumenten und dem Knospenkera zur Beobachtung tauglich werden.

Für die Uebertragung der Präparate aus einer Flüssigkeit in die andere, erweist sich ein ganz feiner Haarpinsel auf einem Pinselstock sehr brauchbar. Die Nadel oder andere scharfe Instrumente sollte man für diesen Zweck niemals anwenden, da selbige gar zu leicht das Präparat verletzen können. Wenn das Letztgenannte sehr klein ist, so stellt man, um es leichter herauszufinden, das Uhrschälchen zweckmäßig auf eine dunkle Unterlage, als welche zwei gleich große Stücke Spiegelglas, durch einen schwarzen Asphaltlack mit einander verkittet, empfehlenswerth sind. Zum Uebertragen sehr kleiner, in einer Flüssigkeit schwimmender, Körper auf die Objectplatte kann unter Umständen auch eine feine Glaspipette dienen, deren Gebrauch jedoch, wenn nur ein einziges Object zu fangen ist, einige Uebung verlangt.

Sehr kleine, zumal durchsichtige Gegenstände sind oft schwer unter dem Mikroskope aufzufinden. Sind sie noch so groß, daß sie mit bloßem Auge gesehen werden, so ist es am einfachsten, den Gegenstand genau über die Oeffnung der Blendung zu legen, zumal wenn solche eng und mit dem Objecttisch in gleicher Ebene liegt, wodurch alles weitere Suchen erspart wird. Ist das Object noch kleiner, so sucht man es am besten mit einem schwachen Objective und bringt es genau in die Mitte des Sehfeldes, worauf es, beim Wechseln der Objective, wenn das Rohr gut centrirt ist, auch für die stärkere Vergrößerung annähernd in der Mitte des Sehfeldes liegen wird. Das Suchen kleiner Gegenstände oder bestimmter lehrreicher Partien eines größeren Präparates unter starker Vergrößerung wird außerdem oftmals sehr zeitraubend, und ist es deshalb für alle Präparate, welche man aufbewahren will, empfehlenswerth, die sehenswerthen Partien durch einen Kreis schwarzer Lackfarbe auf dem Deck-

glase zu bezeichnen, der am besten auf dem Objecttisch selbst, während der kleine Gegenstand genau über dem Loch in der Blendung liegt, ausgeführt wird.

Das Mikroskop giebt nur eine Flächenansicht, es genügt deshalb, wenn man Körper betrachtet, niemals die Ansicht einer Seite zum richtigen Verständniß und muß man außer einem Querschnitt auch noch einen Längsschnitt, und zwar noch häufiger mehrere Längsschnitte in verschiedenen, bestimmten Richtungen genau betrachtet und mit einander verglichen haben, ehe man nur daran denken kann, sich den Körper, den man beobachtet, zu construiren. Was man bei größeren Gegenständen durch das Messer zu erreichen sucht, gewinnt man bei ganz kleinen undurchsichtigen Objecten durch Betrachten derselben von verschiedenen Seiten. Bei kleinen, sehr durchsichtigen Körpern, z. B. den Samenknospen der Orchideen und einigen Pollenkörnern, benutzt man für denselben Zweck eine mehrmals veränderte genaue Einstellung des Mikroskopes selbst, indem man dadurch nacheinander zuerst die obere Seite, darauf die Mitte als optischen Quer- oder Längsschnitt und zuletzt die untere Seite zur Anschauung bringt. Je vollkommener die Objective eines Mikroskopes sind, um so genauer wird die optische Ebene ausfallen und um so empfindlicher wird das Instrument für jede kleine Focalveränderung sein, weshalb man bei genauen Untersuchungen die zur feinen Einstellung dienende Schraube nicht wohl aus der Hand lassen darf. Mit der Stärke der Vergrößerung vermehrt sich bei guten Instrumenten auch diese Empfindlichkeit, daher erblickt man auf den sehr fein gestreiften Diatomeenpanzern selten alle Liniensysteme gleichzeitig an allen Stellen der Kieselschale mit gleicher Schärfe; ist die höher liegende Mitte genau eingestellt, so erscheint der Rand undeutlich und umgekehrt. — Was man bei hohen Vergrößerungen gleichzeitig mit gleicher Schärfe wahrnimmt, muß auch in gleicher optischer Ebene liegen. Durch eine genaue Beachtung der Einstellung und der Veränderungen nach auf- oder abwärts, welcher sie bedarf, um bestimmte Verhältnisse sichtbar zu machen, kann man deshalb die höhere oder tiefere Lage derselben beurtheilen und hat WELKER hierauf ein Verfahren der Größenbestimmung des senkrechten Durchmessers der Objecte begründet. — Vermöge dieser Eigenschaft eines guten Mikroskopes kann man außerdem durch zweckmäßige Einstellung oftmals ein unvollkommenes Präparat, z. B.

einen nicht hinreichend ebenen Schnitt, verwenden, indem bei einem recht lichtstarken und möglichst vollkommenen Objectivsystem alles über und unter der optischen Ebene gelegene für das Auge zur Zeit so gut wie nicht vorhanden ist.

Die genannte Eigenschaft des Mikroskopes, nur optische Flächen zu zeigen, erschwert aber in vielen Fällen und namentlich bei starken Vergrößerungen auch die richtige Deutung des Gesehenen und ist dies namentlich dann der Fall, wenn ein Gegenstand plötzlich neben einander Erhebungen und Vertiefungen zeigt oder gar sich wellenförmig krümmt. Hier sieht man die Erhebung meistens scharf begrenzt, als wäre sie von der Vertiefung plötzlich getrennt. Bei frei liegenden Theilen kann man alsdann durch eine Wendung des Präparates oder durch langsam veränderte Einstellung ins Klare kommen; wenn dagegen der betreffende Theil nicht frei liegt, so wird eine richtige Deutung des Bildes bisweilen sehr schwierig, wofür dickwandige hin- und hergebogene Haare vom Blatte des Weinstockes als Beispiel dienen mögen.

Die genaue Einstellung eines Gegenstandes beurtheilt man nach der Schärfe in der Zeichnung des Bildes. Je zarter, aber je schärfer begrenzt die Linien, je kleiner, aber je deutlicher gezeichnet, d. h. von einer leisen und bestimmten Contour umgeben, die Gegenstände erscheinen, um so richtiger sind dieselben eingestellt. Die Hipparchia-Schuppen und noch mehr die Kieselschalen der Pleurosigma und der Grammatophora (S. 27) sind sehr geeignet, um die Bedeutung einer richtigen Einstellung kennen zu lernen, indem bei der kleinsten Focalveränderung die feinen Linien dieser Objecte verschwinden. Ich empfehle deshalb das genaue Studium genannter Prüfungsobjecte, sowohl für die richtige Einstellung, als auch für den Gebrauch der schiefen Beleuchtung. Wer hier genau Bescheid weiß, wird auch in anderen Fällen richtig einstellen und zweckmäßig beleuchten können.

Auch einige optische Erscheinungen, wie ich vermuthete, zum Theil Beugungsphänomene, sind bei der Einstellung zu beachten. Dahin gehört z. B. eine schwache, gelbliche oder röthliche Färbung der Ränder eines Gegenstandes bei einer gewissen Einstellung. Diese Farbenränder, welche bei Anwendung starker Oculare noch mehr hervortreten, zeigen, daß die Objective nicht absolut achromatisch sind. Die Gläser von OBERHÄUSER, BÉNÈCHE und PLÖSSL sind ent-

weder ganz oder beinahe farbenfrei. Die älteren Objective von KELLNER haben dagegen, soweit ich dieselben kenne, obschon sie ein sehr scharfes Bild gewähren, mehr Farbe. Bei den Doppelgläsern des einfachen Mikroskopes zeigen sich diese Farbenercheinungen noch intensiver. Auf einer zarten Fläche wird man sie kaum wahrnehmen, wenn man dagegen gewölbte oder vertiefte Gegenstände betrachtet, so treten dieselben bei einer bestimmten Einstellung deutlich hervor. Große Stärkmehlkörner, z. B. der Kartoffelstärke, zeigen solche Farbenränder, welche immer als Fehler des Objectivs zu betrachten sind, besonders deutlich; man wird je nach der Einstellung den Rand der Körner mit einem breiten dunkel schwarzen Saum, oder mit einem schmalen farbigen Saum, oder endlich ohne einen solchen, von einer leisen, aber scharfen Contour begrenzt, erblicken. In letzterem Falle liegt die Mitte des Kornes genau in der optischen Ebene und ist das Objectiv gut chromatisch corrigirt, man sieht den Kern und die Schichten des Stärkmehls am besten. Der dunkle Saum der anderen Einstellung wird durch den nicht im Focus liegenden Rand hervorgerufen und der farbige Saum endlich ist ein Fehler des Objectivs. Man nimmt denselben bei starken Vergrößerungen auch an feinen Schnitten wahr und muß sich deshalb für eine Täuschung durch ihn hüten. Bei den Gläsern einiger Optiker erscheint dieser Farbensaum gelb, bei anderen dagegen mehr röthlich. Auf dünnen Holzschnitten sieht man z. B. den Rand der Verdickungsmasse der Holzzellen bei einer gewissen Einstellung bisweilen von einem schmalen hellgelb gefärbten Saum umgeben. Während nach außen die Verdickungsmasse von einer scharfen Schattencontour begrenzt ist, erscheint der schmale gelbliche Saum nach der anderen Seite niemals scharf begrenzt, verliert sich vielmehr ganz allmählig und unterscheidet sich durch letzteres Verhalten von einer besonderen Schicht oder inneren Membran der Holzzelle, die, wenn sie vorhanden ist, auch jederzeit eine deutliche Contour besitzt. Ein Objectiv, das diesen farbigen Saum gar nicht oder nur in geringem Grade zeigt, wie das System *F* von ZEISS, ist immer vorzüglicher als ein anderes, bei welchem derselbe stärker hervortritt.

Bei kleinen runden Körpern, z. B. bei den Pollenkörnern, ist eine Aenderung der Lage durch ein leichtes Verschieben der Deckplatte, wodurch ein Hin- und Herrollen derselben erzielt wird, zu empfehlen; man erblickt auf diese Weise den Gegenstand von ver-

schiedenen Seiten und kann sich nunmehr aus den verschiedenen Bildern die wahre Gestalt desselben construiren. Will man dagegen größere kugelige Körper, ohne sie zu zerdrücken, unter der Deckplatte hin- und herrollen, so legt man zweckmäßig zwei Glasfäden, die man durch Ausziehen einer Glasröhre vor dem Löthrohr leicht erhält, oder Siegellackfäden als Rollen unter das Deckgläschen. Ein solcher Glasfaden ist überall, wo man den Druck des Deckglases vermeiden will, anwendbar, doch können auch andere feste Gegenstände statt seiner Anwendung finden.

Ein Zerdrücken kleiner Gegenstände zwischen zwei Glasplatten sollte man, als ein zu rohes Verfahren, eigentlich niemals anwenden; wo man aber dennoch durch Druck etwas zu erreichen glaubt, da empfehle ich das Compressorium. Bei vorsichtiger Benutzung desselben kann man sich wenigstens durch sorgfältiges Beobachten, während man den Quetscher wirken läßt, über die Veränderungen durch den Druck desselben Rechenschaft geben. In anderen Fällen, wo es z. B. fraglich ist, ob man eine sehr zarte Zelle, oder einen Tropfen irgend einer Flüssigkeit vor sich hat, kann ebenfalls das Compressorium nützen, indem, wenn eine Zellhaut vorhanden ist, dieselbe bei vermehrtem Drucke platzen und ihren Inhalt plötzlich entlassen muß, während der Tropfen, er sei nun Oel, flüssiges Harz oder sonst ein von dem Medium auf dem Objectträger chemisch verschiedener Stoff, nur einfach seine Gestalt verändern wird.

Bei thierischen wie bei pflanzlichen Gegenständen hat man nicht allein auf die Zellen, ihre Beschaffenheit, ihre Form und ihre Anordnung, sondern auch auf deren Inhalt, der bei den Pflanzenzellen nach den Functionen, die ihnen von der Natur angewiesen sind, verschieden ausfällt, zu achten. Man hat demnach zu unterscheiden 1. ob eine Zelle leer ist, d. h. ob sie Luft enthält, wie z. B. die ausgebildeten Gefäße und die älteren Holzzellen, 2. ob sie einen flüssigen und in demselben wiederum einen festen Inhalt besitzt. — Die Beschaffenheit des flüssigen Inhalts; ob er aus einer gleichartigen Flüssigkeit besteht, oder ob sich Flüssigkeiten von verschiedener Consistenz, die sich nicht mit einander mischen, in derselben Zelle vorfinden und das Verhalten dieser Flüssigkeiten zu Reagentien veranlaßt dann zu neuen Fragen. Endlich sind 3. die festen Bestandtheile des Zelleninhalts mit ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften zu beachten.



Für manche im Zellsaft gelöste Substanzen, z. B. für den Zucker fehlen uns bestimmte chemische Reagentien, und doch möchte die rosenrothe Färbung des Inhaltes reifer Pollenkörner, die man oftmals auf Zusatz concentrirter Schwefelsäure bemerkt, eine Reaction auf Zucker anzeigen, da, wie schon angegeben wurde, durch Zucker und Schwefelsäure, bei Gegenwart einer stickstoffhaltigen Substanz, solche Färbung hervorgerufen wird<sup>1)</sup>. Gummi und Dextrin gerinnen durch Alcohol. Stickstoffhaltige Substanzen prüft man, wie eben bemerkt, mit Zucker und Schwefelsäure, wo eine rosenrothe Färbung eintritt, desgleichen mit Salpetersäure und nachherigem Zusatz von Ammoniak, wodurch eine intensiv gelbe bis braune Färbung bewirkt wird. Die gelbe Färbung durch Jodlösung ist weniger entscheidend. Wenn man in vorhandenen Tropfen Oel oder Harz vermuthet, so legt man das Präparat für einige Stunden in Aether oder in absoluten Alcohol, der beides auflösen wird; auch wird durch die stark lichtbrechende Beschaffenheit der Oberfläche schon unter dem Mikroskop das Oel verrathen. Für im Zellsaft gelöste Salze möchten hier und da einige, auf diese Salze wirkende bestimmte Reagentien anzuwenden sein; so findet in klaren Pflanzensäften nach dem Zusatz von Schwefelsäure nicht selten ein plötzliches Anschiefen von Gypsnadeln statt, als Beweis für die Gegenwart eines löslichen Kalksalzes.

Zu den festen Bestandtheilen der Zelle gehören, aufer den Krystallen, vornehmlich das Stärkmehl, das Inulin, das Klebermehl und die Chlorophyllkörner. Bei den Krystallen wird man häufig schon aus ihrer Gestalt auf deren chemische Zusammensetzung schließen können und hat HARTING in seiner Mikrographie die verschiedenen Formen der im Pflanzen- und Thierreich vorkommenden mikroskopischen Krystalle abgebildet und das Verfahren ihrer Winkelmessung beschrieben. Auch zeigt der Polarisationsapparat wenigstens, ob die Krystalle zum regulären System gehören oder nicht. Wo die Krystallform nicht ausreicht, hilft oft die Anwendung chemischer Reagentien; so erkennt man den Kalk selbst an seinem oben beschriebenen Ver-

---

<sup>1)</sup> Man vergleiche S. 48. SACHS hat in neuester Zeit die sogenannte Trommersche Zuckerprobe unter dem Mikroskop in Anwendung gebracht, indem er eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd und darauf Aetzkali anwendete und bei Gegenwart von Traubenzucker den bekannten mennigfarbenen Niederschlag erhielt.

halten zur Schwefelsäure und den kohlensauren Kalk, außer an dem Verschwinden seiner Krystalle, bei Zusatz von Salzsäure an dem gasförmigen Entweichen der Kohlensäure. In diesem Falle ist es jedoch nothwendig, die directe Einwirkung der Säure auf den Krystall zu beobachten, was am besten geschieht, wenn der Gegenstand unter einem Deckglase in einer geringen Menge Flüssigkeit liegt, während vermittelst eines dünnen Glasstabes ein Tropfen der Säure vorsichtig an den Rand des Deckglases gebracht wird, der ganz allmählig den Gegenstand der Untersuchung erreicht, wodurch man Zeit gewinnt, die erste Einwirkung der Säure auf die Krystalle zu beobachten. Die oxalsauren Kalkkrystalle sind in Essigsäure unlöslich, dagegen in Salzsäure und in Salpetersäure ohne Gasentwicklung leicht löslich, während der schwefelsaure Kalk sich in den genannten Säuren unlöslich zeigt. Diese drei Salze aber sind die im Pflanzenreich am häufigsten vorkommenden, und wird namentlich der oxalsaurer Kalk fast in allen Rinden, ferner in den Geweben der Cacteen und Rheum-Arten u. s. w. gefunden; während der weinsaure, apfelsaure und citronensaure Kalk, sowie die Kalisalze dieser Säuren zunächst in den Früchten auftreten. Alle pflanzensauren Salze werden bekanntlich beim Verbrennen in kohlensaure Salze verwandelt und findet man deshalb beim Einäschern von Hölzern und Rinden die vormals oxalsauren Salze in ihrer früheren Krystallform wieder, jedoch durch unvollständige Verbrennung des Kohlenstoffes meistens grau gefärbt und außerdem undurchsichtig geworden.

Die Stärkmehlkörner charakterisiren sich durch ihre blaue Färbung auf Jodzusatz; die Inulinkörner werden durch Jod schwach gelb gefärbt und oft erst nach dessen Anwendung sichtbar: das Chlorophyll dagegen ist jederzeit grün gefärbt, seine Körner verlieren jedoch diese Farbe durch Behandlung mit Alcohol. Das Klebermehl endlich, sowohl in Körner- als Krystallform vorkommend, wird durch Jodlösung schwach gelb und durch salpetersaures Quecksilberoxyd (Millons-Salz) schmutzig ziegelroth gefärbt. Noch mancherlei andere feste oder halbfeste Körper, die zum Theil mit bestimmter Gestalt, zum Theil formlos in der Pflanzenzelle auftreten und sich meistens durch Jod gelb oder bräunlich färben, bisweilen aber auch keine Farbenveränderung zeigen (z. B. die Körner in den Blättern einiger Lebermoose, *Jungermannia anomala*, *Alicularia scalaris*), können wir zur Zeit durch das Mikroskop noch nicht nach ihrer chemischen

Zusammensetzung bestimmen. Für die mikroskopische Untersuchung mit Anwendung chemischer Reagentien ist überhaupt noch ein weites Feld geöffnet. Sehr häufig findet man fettes Oel seifenartig gebunden in den Pflanzenzellen; Zusatz von Schwefelsäure setzt es in Freiheit und es erscheint in Tropfengestalt auf der Objectplatte.

Die Anwendung chemischer Reagentien ist aber nicht allein für den Zellinhalt, sondern auch für die Kenntniß der Zellwandung von großer Wichtigkeit. Durch Jod und Schwefelsäure oder durch Chlorzink-Jodlösung erkennt man z. B. an der blauen Färbung die Gegenwart des Pflanzenzellstoffes in der Zellwand. Nach der Maceration durch chloresaures Kali und Salpetersäure werden sämtliche Holz- und Gefäßzellen durch ihre ganze Masse von Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt, was vorher in der Regel nicht der Fall ist. Die oxydierende Flüssigkeit löst hier außer dem Intercellularstoff, welcher die Zellen mit einander verbindet, auch den Holzstoff, der gleich dem Korkstoff die blaue Färbung des Zellstoffes durch Jod und Schwefelsäure entweder ganz behindert oder nur eine grüne Färbung eintreten läßt. Während sich der Holzstoff löst, wird der eigentliche Korkstoff in eine wachsartige Masse verwandelt. Um ihn zu entfernen, kocht man deshalb die Pflanzentheile in einer Porzellanschale mit Aetzkaliölösung und stüßt dieselben in Wasser, am besten durch mehrmaliges Auskochen aus; jetzt färben nicht allein Jod und Schwefelsäure, sondern sogar Jodlösung für sich in der Regel den zurückbleibenden Zellstoff blau oder violett. Der Holzstoff findet sich in der Wand aller verholzten Zellen, der Korkstoff erscheint dagegen in allen echten Korkbildungen, sowie in den Cuticularschichten der Oberhautzellen, z. B. in der Oberhaut von *Viscum*. Die Cuticula wird von kochendem Aetzkali gleich dem Intercellularstoff gelöst; der Zellstoff quillt hierbei nur mehr oder weniger auf, wird aber nicht gelöst; dagegen löst das Macerationsverfahren nach SCHULZE bei längerer Anwendung auch die aus Zellstoff bestehende Zellwand vollständig, was sehr zu beachten ist, um nicht in Irrthümer über den Bau der letzteren zu fallen. In macerirten Zellen findet man bisweilen Löcher, obschon vor der Maceration ein zartes Häutchen das scheinbare Loch überkleidete; man findet ferner freie Fasern, wo vormals eine zusammenhängende Membran, welche nur faserartig angeordnet dichtere Partien besaß, vorhanden war, z. B. bei vielen Bastzellen. Für derartige Fragen darf man sich deshalb auf das

Macerationsverfahren niemals allein verlassen. Die wirkliche Inter-cellularsubstanz und die Cuticula werden weder vor noch nach der Maceration von Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt.

Um die Wirkung der chemischen Reagentien, und namentlich derjenigen, welche zu Aufquellungserscheinungen Veranlassung geben (Schwefelsäure, Ohlorzink-Jodlösung, Kupferoxyd-Ammoniak, Nickeloxyd-Ammoniak, Aetzkali u. s. w.) genau zu studiren, wird es nöthig, den ersten Moment der Einwirkung zu belauschen, weshalb man die chemische Flüssigkeit mit einem Glasstabe vorsichtig an den Rand des Deckglases bringt, unter welchem das Präparat in einer geringen Menge Wasser bereits unter dem Mikroskope liegt. Je allmälliger die Vermischung des Reagens mit diesem Wasser stattfindet, um so genauer läßt sich seine Einwirkung studiren und ist es aus diesem Grunde in manchen Fällen zweckmäfsig, dessen Wirkung eben so allmällig durch wiederholte Hinzuführung zu verstärken. Die Concentration der anzuwendenden Lösung und die Menge des auf dem Objectträger vorhandenen Wassers verdienen ausserdem volle Beachtung, indem durch zu starke Verdünnung des Reagens häufig der ganze Erfolg aufgehoben wird.

Wenn es darauf ankommt, die Verdunstung des unter der Deckplatte befindlichen Wassers zu verhüten, oder gar einen Strom frischen Wassers zu unterhalten, wie es in denjenigen Fällen nöthig ist, wo man ein Fortwachsen einzelner Zellen, z. B. bei den niederen Algen, beobachten will, wird es zweckmäfsig, einen Baumwollenfaden so unter die Deckplatte oder an den Rand derselben zu schieben, daß er das Wasser berührt, während das andere Ende des Fadens in ein kleines Schälchen mit Wasser taucht, welches neben dem Objecttisch und in gleicher Höhe mit demselben steht. Durch den Baumwollenfaden kann bei gehöriger Regulirung die Wassermenge unverändert erhalten werden, häufiger aber wird sie durch zu reichliche Wasseraufnahme über den Rand des Deckglases hervortreten und zuletzt auf den Objecttisch fliefsen, weshalb es zweckmäfsiger ist, das eine Ende eines zweiten Fadens derselben Baumwolle an den gegenüberliegenden Rand des Deckglases zu bringen, das andere Ende desselben aber frei vom Objecttisch herabhängen zu lassen, wo dann durch einen fortdauernden Strom immer frisches Wasser hinzugeführt und im gleichen Mafse abgeleitet wird. Auf diese Weise gelingt es, die Algenfäden tagelang unter dem Mikroskope lebend zu erhalten

und ihre Wachsthumerscheinungen von Stunde zu Stunde belauschen zu können, wofür indess das Festklemmen der Objecttafel vermittelt zweier Federklammern, die am besten in den Objecttisch eingesenkt werden, nothwendig ist.

Um die Einwirkung der Wärme auf ein gegebenes Object unter dem Mikroskope selbst studiren zu können, verfertigt man zweckmäßig durch Eintauchen eines Baumwollenfadens in geschmolzenes Wachs ein zartes Wachskerzchen, welches man knieförmig umbiegt, so daß es, unter das Loch im Objecttisch gehalten, durch sein Flämmchen die Objectplatte von unten her direct erwärmt. Der Blendungsapparat muß, um eine weite Oeffnung zu gewinnen, entfernt, und der Gegenstand, ein Beschlagen der Objective zu vermeiden, mit einem nicht zu kleinen Deckglase belegt werden. Das Aufquellen der Stärkmehlkörner durch Wärme beobachtet man auf diese Weise sehr gut, und ist bei einiger Sorgfalt für Beschädigung des Mikroskopes nicht zu fürchten, wenn nicht durch längere Dauer der Erhitzung ein Schmelzen des die Linsen mit einander verbindenden Kittes eintreten sollte<sup>1)</sup>.

Will man die Einwirkung elektrischer Ströme auf kleine Organismen unter dem Mikroskope erforschen, so bedarf es nur zweier sehr feiner Platindrähte, welche vorher mit etwas Siegelack auf die Objectplatte so befestigt werden, daß der eine Draht dem anderen gegenüber liegt und beide die Flüssigkeit unter der Deckplatte berühren. Wenn darauf der Gegenstand unter dem Mikroskop eingestellt und die Objecttafel mittelst zweier Federklammern befestigt ist, werden die beiden Platindrähte in bekannter Weise mit den Poldrähten eines Inductionsapparates in Verbindung gebracht.

Die Injection gefärbter Flüssigkeiten kann unter Umständen wie im Thier-, so auch im Pflanzenreich zur genaueren Untersuchung wünschenswerth werden. Während man im Thierreich zur Einspritzung der verhältnißmäßig weiten Gefäße und Canäle die Injectionsspritze anwendet, muß man für die Injection der Pflanzenzellen zur Luftpumpe greifen. Als Injectionsmittel sind Leimlösung und noch besser geschmolzenes Stearin zu empfehlen und kann als färbender Stoff fein zertheiltes Carmin angewendet werden. Ein besonderer Recipient

---

<sup>1)</sup> Diese sehr einfache Methode ist mir im Jahre 1852 von Herrn MARTIN aus Wien mitgetheilt worden.

der kleinen S. 51 beschriebenen Luftpumpe, in welchem das mit Carmin stark gefärbte Stearin verbleibt, dient mir für diesen Zweck. Die Masse wird durch Erwärmen flüssig gemacht, der zu injicirende Gegenstand, welcher bei Anwendung von Stearin trocken sein muß, in kleine Stücke zertheilt, hineingeworfen und während der Recipient im Wasserbade verbleibt, durch Auspumpen der Luft injicirt. Bisweilen muß der Gegenstand vorher durch Ankochen mit Alcohol oder Aether, oder durch Behandlung mit Wasser gereinigt werden, wenn die Injection gelingen soll, auch wird in manchen Fällen ein löslicher Farbstoff geeigneter sein, und ein Stückchen Alkannawurzel, in das erwärmte Stearin geworfen, hier die gewünschte Färbung bewirken. Die injicirten Gegenstände schneiden sich nachher vortrefflich. (Bei der Untersuchung der Tüpfel das Nähere.)

Auch ein Einäschern der Gegenstände kann zur Untersuchung nothwendig werden. Dasselbe geschieht am besten zwischen den Platinspitzen einer chemischen Pincette oder in einem flachen Platinschälchen, wie solche als Deckel der neueren Platintiegel bekannt sind, über einer Spirituslampe. Oft ist zur vollkommenen Verbrennung vorher die Behandlung der Gegenstände mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure oder mit Chromsäure nothwendig. So bleiben die verkieselten Theile der Zellen der Moquilea-Rinde häufig durch Kohle gefärbt, welche selbst beim Verbrennen der nach SCHULZE macerirten Rinde mit chlorsaurem Kali nicht vollständig zu beseitigen ist, und dürfte zur Darstellung eines vollkommen reinen Kiesel skelettes ein längeres Kochen der Rinde mit Chlorkalk und Salzsäure erforderlich sein. — Das Auftreten der Kohle beim Erhitzen der Spongiennadeln, der Polycistine, der Diatomeenschalen u. s. w. beweist andererseits die Gegenwart organischer Verbindungen in der Kieselmasse.

Die Größenbestimmung kleiner Gegenstände durch das Mikroskop ist ebenfalls nicht selten von Wichtigkeit und benutzt man für sie das Schraubenmikrometer und das Glasmikrometer. H. v. MOHL<sup>1)</sup> behandelt in seiner Mikrographie diesen Gegenstand sehr gründlich, weshalb ich auf ihn verweise und nur kurz der beiden Messungsmethoden gedenken will, die ich anzuwenden pflege und die auch v. MOHL für genügend erklärt. Für beide benutzt man das Glasmikrometer, und kommt es deshalb zunächst auf die genaue Theilung

<sup>1)</sup> v. MOHL's Mikrographie S. 278 — 320.

eines solchen an. Die Messung durch das im Ocular auf dem Diaphragma liegende Glasmikrometer ist sehr bequem; man zählt nur die Theilungen des Mafsstabes, von der einen Grenze des Gegenstandes bis zur anderen. Der Werth dieser Theilungen ist aber natürlich nach der angewandten Objectivvergrößerung ein anderer, den man genau kennen muß. OBERHÄUSER giebt ihn gewöhnlich für jedes Objectivsystem an, und man bedarf alsdann nur einer kleinen Rechnung, um aus der gefundenen Zahl die wahre Größe des Gegenstandes zu erfahren. Will man dagegen den Werth der Theilungen des Ocularmikrometers bei verschiedenen Objectivvergrößerungen selbst bestimmen, so benutzt man ein anderes Glasmikrometer, das unter das Objectiv gelegt wird, und sieht jetzt bei genauer Einstellung, indem man das Ocular so dreht, daß die Theilstriche seines Mafsstabes genau über die Theilstriche des unter dem Objectiv liegenden Mikrometers fallen, in welchem Verhältnisse die Theilungen des einen zu denen des anderen stehen. Ich benutze zum Unterlegen ein in Messing gefasstes Glasmikrometer von OBERHÄUSER ( $\frac{1}{4}$  Mill. in 100 Theile getheilt). 9 Theilungen meines Mikrometeroculars decken bei System 4 diesen  $\frac{1}{4}$  Mill.; 20 Theilungen desselben Oculars entsprechen dagegen bei System 7 nur 30 Theilungen des als Object benutzten Mikrometers. 9 Theilungen des Ocularmikrometers sind also für System 4 =  $\frac{1}{4}$  Mill., 20 Theilungen desselben Oculars dagegen für System 7 =  $\frac{30}{100}$  oder  $\frac{3}{10}$  Mill. Etwas umständlicher, aber wohl noch etwas genauer, wird die Messung durch das unter dem Objectiv liegende Glasmikrometer mit Hilfe der Camera lucida. Man entwirft hier zuerst in einer bestimmten Entfernung von der Camera (etwa bei 250 Mill. Abstand) mit der letzteren eine genaue Umrifszeichnung des Gegenstandes, und läßt alsdann ebenfalls mit der Camera lucida, bei gleicher Entfernung, das Bild des Mafsstabes auf die Zeichnung fallen und findet hier, da man im Glasmikrometer ein bekanntes Mafß benutzte, direct den Größenwerth des Gegenstandes.

Dasselbe Verfahren benutzt man auch zweckmäfsig zur Bestimmung der Vergrößerungen seines Mikroskopes, indem man das Bild des Glasmikrometers entweder direct auf einen anderen Mafsstab fallen läßt, oder die Theilstriche des vergrößerten Mafsstabes mit der Bleifeder auf das Papier zeichnet und mit dem Zirkel auf den nicht vergrößerten Mafsstab überträgt. Ich habe alle meine Vergrö-

rungen auf diese Weise, bei 250 Mill. Abstand, bestimmt und benutze dazu das erwähnte Glasmikrometer ( $\frac{1}{4}$  Mill. in 100 Theile getheilt), welches ich unter das Objectiv lege, während mir als nicht vergrößerter Maßstab 1 Decimetre in Millimetres getheilt dient. (Im Abschnitt VI spreche ich noch einmal über dieses Thema.)

Bei Anwendung des Schraubenmikrometers ist ein Fadenkreuz im Ocular nothwendig, und wird der Gegenstand so eingestellt, daß dessen äußere Grenze den einen Faden genau zu berühren scheint; man notirt sich alsdann die Stellung der mit einem Gradbogen, dem meistens noch ein Nonius beigegeben ist, versehenen Mikrometerschraube, und bewegt darauf diese Schraube so lange bis die entgegengesetzte Grenze des Gegenstandes den Faden zu berühren scheint, worauf wieder Gradbogen und Nonius der Mikrometerschraube verglichen werden. Nach der Zahl der gemachten ganzen Umdrehungen, welche eine Seitentheilung angiebt, sowie nach der letzten unvollständigen Umdrehung, welche man durch den Gradbogen und den Nonius der Mikrometerschraube erfährt, berechnet man darauf die wahre Größe des gemessenen Gegenstandes. Der Werth der Theilungen wird von jedem Optiker angegeben. Da selbst bei der größten Genauigkeit nicht alle Theile der Mikrometerschraube vollkommen gleich ausfallen, so genügt hier eine Messung nicht und muß man deren mindestens 4 bis 5 und zwar mit verschiedenen Stellen der Schraube ausführen und aus den gefundenen Zahlen die Mittelzahl als wahre Größe des Gegenstandes berechnen.

Bei Anwendung des Polarisationsapparates endlich wird zuerst der Beleuchtungsspiegel so gestellt, daß bei nicht gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld möglichst hell erleuchtet ist, wozu noch für feinere Versuche eine Sammellinse und directes oder, durch die bei dem Sonnenmikroskop gebräuchliche Vorrichtung eines das Sonnenlicht auffangenden Spiegels, reflectirtes Sonnenlicht angewendet wird. Je intensiver die Beleuchtung, um so eleganter und genauer werden die Beobachtungen, während bei gewöhnlicher Beleuchtung ohne Condensator sehr schwach doppelt brechende Körper als einfach brechend erscheinen können. Wenn die Beleuchtung regulirt und das passende Objectivsystem angewendet ist, giebt man dem zu untersuchenden Object die richtige Einstellung und dreht darauf den oberen Nicol um  $90^\circ$ , was bei einem drehbaren Tisch durch Drehung desselben, bei dem über dem Ocular stehenden Analyseur aber



durch Drehung des letzteren ausgeführt wird. Das Feld muß bei nunmehr gekreuzten NICOLS vollkommen schwarz erscheinen und zwar um so dunkeler, je intensiver vorher die Erleuchtung gewesen. Das zu betrachtende Präparat aber wird nach der einfach oder doppelt brechenden Beschaffenheit seiner Substanz entweder gar nicht oder mehr oder weniger hell erleuchtet auf dem schwarzen Grunde hervortreten. Für das Polarisationsmikroskop sind die allerfeinsten und durchsichtigsten Präparate nothwendig, und ist sehr darauf zu achten, daß von dem Grade der Dicke des Objectes auch theilweise die Erscheinungen abhängen, so daß eine sehr zarte Schicht einer schwach doppelt brechenden Substanz bei gewöhnlicher Beleuchtung einfach brechend erscheinen kann, während eine dickere Schicht sich schon als doppelt brechend erweist. Bei Anwendung der Gyps- oder Glimmerblättchen über dem unteren NICOL aber richtet sich die Farbe nach der Dicke der Blättchen und gilt dasselbe für alle diejenigen Körper, welche schon auf dem schwarzen Felde Farbenercheinungen bewirken, wofür die isolirten Bastzellen der *Caryota urens* die schönsten Beispiele liefern. Für den verschiedenen Grad des doppelt brechenden Vermögens ist dagegen ein sehr zarter Querschnitt des Kiefernholzes und zwar vorzüglich von der canarischen Kiefer geeignet, indem hier die Intercellularsubstanz bei gewöhnlicher Erleuchtung vollkommen schwarz<sup>1)</sup>, die primäre Membran der Holzzellen dagegen im hellsten Licht, die verholzten Verdickungsschichten wieder nur schwach doppelt brechend und die innerste nicht verholzte Verdickungsschicht endlich mit viel hellerem Licht hervortreten. — Das schwarze Kreuz erscheint bei gekreuzten NICOLS überall, wo eine ungleiche Dichtigkeit in schichtenweiser Anordnung um einen Mittelpunkt vorkommt, und wird deshalb sowohl auf den Stärkmehlkörnern, als auch auf dem Querschnitt stark verdickter Bast- und Holzzellen, desgleichen bei der Ansicht des Tüpfels und Porencanals von oben wahrgenommen. Endlich findet das Gypsblättchen noch auf die verschiedene Stellung der complementären Farben, welche v. MOHL und BRÜGGE als positives und negatives Brechungsvermögen unterschieden haben, Anwendung. Während v. MOHL diesen Gegensatz in dem Verhalten der Substanzen zum polarisirten Licht durch chemische Verschieden-

---

<sup>1)</sup> Dieselbe ist jedoch nach einer brieflichen Mittheilung v. MONT'S mit dem verbesserten Polarisations-Mikroskop schwach doppelt brechend.

heiten erklärt, hat MAX SCHULTZE<sup>1)</sup> neuerlich gezeigt, daß selbiger auf der Anordnung der Schichten von ungleicher Dichtigkeit zu einander beruht, so daß, wenn die dichteren Schichten nach außen und die minder dichten nach innen liegen, eine negative Farbenstellung und umgekehrt eintritt, was durch Erwärmen einer hohlen Glas-  
kugel von außen oder innen her nachgewiesen wird, indem im ersten Falle die positive, im anderen die negative Farbenstellung erscheint. Als negativ bezeichnet v. MOHL die Tüpfel der Holzzellen von *Pinus silvestris*, wo auf dem rothen Felde die grüne Farbe rechts und links im Kreuze steht, als positiv dagegen die Stärkmehlkörner, wo das Grün oben und unten, rechts und links aber das Roth erscheint. Die Tüpfel der Holzzellen eines sehr zarten radialen Längsschnittes und die Stärkmehlkörner der Kartoffel, am besten als zarte Durchschnitte (s. S. 69), gewähren vorzügliche Objecte, um diese Erscheinung kennen zu lernen, und wird man bald sehen, daß auch die Richtung der Theile des Objectes zum polarisirenden (unteren) NICOL nicht gleichgültig ist. Durch Einschaltung ganz zarter Glimmerblättchen, welche dem Gesichtsfelde noch keine bestimmte Farbe verleihen, erhöht man endlich nach v. MOHL die Empfindlichkeit des Polarisationsmikroskopes. Die Objecte für die Polarisation werden am besten in Canadabalsam, in Copallack oder in Oelstüfs, also in solchen Medien aufbewahrt, welche das Licht stark brechen und zugleich den Gegenstand durchsichtiger machen. Am zweckmäßig eingerichteten Polarisations-Mikroskop muß sowohl der polarisirende NICOL, als auch die Scheibe, welche das Gypsblättchen trägt, desgleichen der Objecttisch und endlich noch der analysirende NICOL, und zwar jeder Theil von dem anderen unabhängig, um seine Achse drehbar sein<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> M. SCHULTZE, über kolbenförmige Gebilde in der Haut von *Petromyzon* und ihr Verhalten im polarisirten Licht. Reichert's und Du Bois-Reymond's Archiv 1861. S. 238.

<sup>2)</sup> G. VALENTIN, die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe im polarisirten Lichte. Leipzig 1861.

---

## IV.

### Ueber die Methode der Untersuchung.

---

**D**ie Methode der Untersuchung ist für das Resultat derselben überaus wichtig; wenn die Methode richtig ist, so wird auch das Resultat werthvoll sein; wenn dagegen die Methode falsch ist, so kann auch das Resultat der Untersuchung nichts beweisen. Die Methode ist aber richtig, sobald sie der Frage, welche man zu lösen wünscht, sowie dem Gegenstand der letzteren angemessen ist. Für dieselbe ist demnach zweierlei nothwendig, 1. eine richtige Art die Frage zu stellen und 2. eine richtige Anwendung zweckmäßiger Mittel zur Lösung der gestellten Frage. Um richtig zu fragen, muß man aber zuvor wissen, weshalb man so und nicht anders fragt und was die Antwort entscheiden soll; um richtige Mittel anzuwenden, muß man dagegen sowohl die letzten, als auch deren Wirkung kennen.

Bevor man an die eigentliche Untersuchung geht, ist es darum nothwendig, sich mit dem Gegenstand derselben im Allgemeinen bekannt zu machen. Bei noch streitigen Fragen der Wissenschaft wird diese Bekanntschaft allein nicht einmal genügen, man wird auch die verschiedenen Ansichten und die Untersuchungen, auf welche sie sich stützen, kennen müssen. Ehe man mit einer wissenschaftlichen Arbeit hervortritt, sollte man überhaupt niemals unterlassen, sich, soweit es möglich ist, mit allem was über denselben Gegenstand, zum wenigsten in neuerer Zeit beobachtet worden, vertraut zu machen. Man wird auf diese Weise weniger leicht etwas übersehen, den Gegenstand selbst aber vielseitiger auffassen und gründlicher erforschen und endlich die Ansicht, die man sich selbst gebildet hat,

um so schärfer prüfen und dadurch ein viel sichereres Resultat gewinnen, nebenbei aber noch einen geschichtlichen Ueberblick über den Entwicklungsgang der Frage selbst erhalten.

Die großen Fortschritte, welche unser Jahrhundert in den Naturwissenschaften gewonnen hat, verdanken wir zum größten Theil der durch Induction geleiteten Methode; denn sie allein konnte und mußte sicher geleiten. Obschon nun die letztere vom Einzelnen zum Allgemeinen, d. h. vom Theil zum Ganzen übergeht, so möchte ich doch für die mikroskopische Untersuchung eine Kenntnifs des Gegenstandes im Allgemeinen voraussetzen; eine genaue Untersuchung der einzelnen Theile des Ganzen wird dann zum Endresultat, zur genauen Kenntnifs des Gegenstandes nach allen Seiten hin führen. Die Untersuchung muß, mit anderen Worten, mit einer Kenntnifs des Gegenstandes im Allgemeinen beginnen, und darauf von dieser zum Einzelnen übergehen, um durch das Einzelne zur genauen Kenntnifs des Gegenstandes in seiner Gesamtheit zu gelangen.

Man wird mir vielleicht einwenden, daß eine oberflächliche Bekanntschaft mit dem Gegenstande zur Erforschung seiner Theile unnöthig ist und glaube ich schon, daß man hier und da auch ohne sie zum Ziel, zur genauen Kenntnifs des Ganzen, gelangen kann, muß jedoch bemerken, daß man auf diesem Wege viel leichter etwas übersieht oder gar sich täuscht, und überdies mehr Zeit verbraucht. Bei der Entwicklungsgeschichte halte ich es in manchen Fällen für unmöglich, ohne eine allgemeine Vorstellung des ganzen fertigen Pflanzentheiles zu einer richtigen Erkenntnifs der sich bildenden Theile zu kommen, weil man ohne dieselbe nicht weiß, worauf man zu achten und welche Fragen man zu stellen hat. Ich nenne diese Kenntnifs des fertigen Ganzen, die man sich mit unbewaffnetem Auge oder mit Hülfe einer Lupe erwirbt, eine oberflächliche im Gegensatz zu der genaueren, welche eine allseitige Betrachtung der einzelnen Theile von außen und innen bei verschiedenen Vergrößerungen verlangt. Kennt man auf die letztere Weise die einzelnen Theile und ihr Verhältnifs zu einander, so kennt man natürlich auch das Ganze, und zwar nicht mehr wie anfangs oberflächlich, sondern nunmehr genau, d. h. von außen und von innen.

Der Gang der Untersuchung, dessen Grundprincip unver-

Änderlich dasselbe bleibt, muß sich, wie schon erwähnt, nach der Art der Frage und nach der Beschaffenheit des Gegenstandes verschiedentlich modificiren. Die Untersuchung der äußeren Gestalt wird z. B. einen anderen Gang als die Erforschung feiner Structurverhältnisse nehmen; die Entwicklungsgeschichte einzelner Pflanzentheile wird wiederum anders als die Entwicklungsgeschichte der Zellen selbst zu führen sein. Oft wird man im Laufe der Untersuchung selbst auf Nebenfragen gelenkt und nicht selten wird auch die Hauptfrage während der Untersuchung wesentlich verändert werden. Die Nebenfragen verlangen in der Regel eine besondere Antwort und darf man durch sie niemals die Hauptfrage aus dem Gesicht verlieren, man muß sich vielmehr zunächst bemühen, die letztere von den verschiedensten Seiten zu beleuchten, wozu die Nebenfragen häufig Gelegenheit bieten. In diesem Falle darf man sie nicht unberücksichtigt lassen; wo sie dagegen für die Hauptfrage ohne Einfluß sind, ist es oft besser sie vorläufig zu ignoriren. Bei der Untersuchung selbst hat man sorgfältig auf alles, was irgend zur Lösung der Hauptfrage dienen kann, zu achten; man hat alles auf das Genaueste zu erwägen und auf das Vielseitigste und Gewissenhafteste zu prüfen, wird dann aber auch zu einem sicheren Resultat gelangen. Die für die Hauptfrage gleichgültigen Nebenfragen liefern oftmals Stoff zu künftigen Untersuchungen.

Ich halte es aus eigener Erfahrung nicht für rathsam, sich mit mehreren Untersuchungen gleichzeitig zu beschäftigen; eine gründliche Untersuchung fesselt den Geist und die Zeit des Beobachters hinreichend und werden die Arbeiten in der Regel unter einer Theilung leiden. Die Entwicklungsgeschichte macht hier bisweilen eine Ausnahme, indem man nicht selten bei ihr von Woche zu Woche denselben Gegenstand untersuchen muß, um seine weiteren Entwicklungszustände verfolgen zu können. In solchen Fällen kann man recht gut in der Zwischenzeit noch eine andere Untersuchung ausführen. Dagegen ist es dann unerlässlich, sofort seine Beobachtungen mit dem Datum des Tages versehen, niederzuschreiben, was für die Zeitbestimmung, innerhalb welcher die Ausbildung eines Pflanzentheiles erfolgt, oftmals sehr wichtig wird.

Bei der Mannigfaltigkeit der Pflanzen und ihrer Theile wird es kaum möglich sein für alle vorkommenden Fälle einen genauen Untersuchungsgang zu bezeichnen; der erfahrene Beobachter wird

sich auch selbst, nach der Eigenthümlichkeit des Gegenstandes, einen seiner Frage angemessenen Gang zu bilden wissen, dem minder Erfahrenen will ich dagegen durch meinen Rath, so gut ich kann, zur Hand gehen. Ich muß hier die Untersuchung fertiger Pflanzen oder ihrer Theile von der Entwicklungsgeschichte scheiden und ziehe es vor mit der ersteren, als der leichteren, zu beginnen. Beide Untersuchungswege müssen von zwei Gesichtspunkten, vom morphologischen, d. h. in Bezug auf die äußere Gestalt, und vom anatomischen, d. h. mit Rücksicht auf den inneren Bau, betrachtet werden.

Wer selbst zeichnet, dem rathe ich bei allen mikroskopischen Untersuchungen jederzeit die Präparate, welche ihm interessant oder wichtig erscheinen, möglichst genau auf das Papier zu bringen und in kurzen Bemerkungen alles das, was sich durch die Zeichnung nicht ausdrücken läßt, hinzuzufügen; und kann man in dieser Weise, wie schon oben bemerkt, nicht zu viel aber sehr leicht zu wenig thun. Für morphologische Verhältnisse sind einfache aber genaue Umrisse oftmals durchaus genügend; bei anatomisch-physiologischen Fragen ist dagegen häufig Zelle für Zelle mit ihrem Inhalt auf das Genaueste darzustellen. Durch eine Reihe solcher Zeichnungen, denen man in schwierigen Fällen aufbewahrte Präparate zugesellt, wird ein Vergleich der verschiedenen Theile einer Pflanze, oder der verschiedenen Entwicklungszustände eines Pflanzentheiles, ungemein erleichtert, und dadurch das Verständniß derselben sehr befördert, ja in schwierigen Fällen allein ermöglicht.

Ich habe es mir zum Gesetz gemacht, alles, was mir wichtig erscheint, sogleich und zwar durchaus genau zu zeichnen und wähle dann später aus einer großen Anzahl von Figuren diejenigen heraus, welche ich zur Lösung der Frage am geeignetsten halte. Wenn man mit der Camera lucida zeichnet und überdies einige Uebung in der Führung der Bleifeder und des Pinsels, desgleichen in der Anwendung der Farben besitzt, so wird der geringe Zeitverlust durch den Reichthum treuer Bilder zehnfach ersetzt und das Resultat der Untersuchung durch dieselben ungemein befestigt. Schematische Zeichnungen muß ich dagegen überall verwerfen, denn selbige gewähren nur ein Bild der Vorstellung des Beobachters, keinesweges aber des Gegenstandes selbst. Diese Vorstellung ist subjectiv und kann als solche irrig sein; eine getreue Zeichnung ist dagegen von der Vorstellung des Beobachters durchaus unabhängig.

Getreue Bilder behalten deshalb, selbst wenn ihre Deutung unrichtig war, immerhin ihren wissenschaftlichen Werth. Wenn man die Entwicklungsgeschichte irgend eines Pflanzentheiles verfolgt, ist es zweckmässig, neben jeder Figur, die einem Entwicklungszustande entspricht, das Datum, vielleicht als Bruchzahl, beizufügen, indem die Untersuchung selbst durch eine genaue Beachtung der Zeitfolge gewinnt. Für die Untersuchung der Knospen nach ihrer Entstehung und Ausbildung ist die Beachtung der Zeitfolge sogar unerlässlich<sup>1)</sup>.

Außer der Zeichnung und außer den Präparaten wird es noch gut sein, alles was wesentlich, ja selbst was minder wichtig erscheint, sogleich zu notiren, da man während der Untersuchung nicht wissen kann, welchen Einfluß oft Kleinigkeiten auf das Resultat derselben ausüben mögen. Wie man nicht leicht zu viel zeichnen kann, so kann man auch ebensowenig zu viel notiren; bei der Zusammenstellung des Ganzen wird sich dann zeigen, welche Zeichnung, welche Notiz man benutzen und welche man als unwesentlich unbenutzt lassen kann. Gefährlich ist es dagegen, namentlich bei umfassenderen Untersuchungen, sich auf sein Gedächtniß zu verlassen; manches wird dadurch übersehen und manches ungenau oder gar unrichtig angegeben. Man muß es sich überhaupt zum Gesetz machen, wenn nicht gleich bei der Untersuchung selbst, so doch jeden Abend dasjenige kurz zu bemerken, was man am Tage beobachtet hat und was zur Ergänzung der Zeichnungen und Präparate dieses Tages dienen kann. Die ganze Schilderung gewinnt dadurch an Frische und man ist noch über Jahr und Tag im Stande, über die kleinsten Verhältnisse die genaueste Auskunft zu geben. Unerlässlich ist auch die sofortige Angabe der benutzten Vergrößerung über oder neben jeder Figur, am besten als Bruchzahl ( $\frac{100}{1} = 100$ mal); in schwierigen Fällen sollte man sogar zur größeren Sicherstellung der Beobachtung, das benutzte Objectivsystem und Ocular bemerken, da es, wie ich schon hervorgehoben habe, nicht gleichgültig ist, ob eine Beobachtung, bei übrigens gleicher Vergrößerung, mit einem starken Objectivsystem und schwachen Ocular oder umgekehrt mit einem schwachen Objectivsystem und starken

---

<sup>1)</sup> Man vergleiche meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Ueber die Knospen der Nadelhölzer, S. 182 — 219.

Ocular angeführt wurde. Eine Beobachtung mit starker Objectiv- und schwacher Ocularvergrößerung wird in vielen Fällen ungleich mehr Gewicht erhalten.

Für die rein morphologische Untersuchung genügen in der Regel schwache Vergrößerungen und wird man hier oftmals auffallendes Licht anwenden; das Präpariren wird sich in der Regel nur auf ein Ablösen der Theile beschränken und das einfache Mikroskop sammt der Nadel mehr als das Messer Anwendung finden. Für die Beobachtung mit auffallendem Licht wird man die S. 10 u. 54 angegebenen Regeln beachten müssen.

Gar selten aber wird sich eine Untersuchung mit den äußeren Formen allein begnügen, es wird vielmehr auch der innere Bau des einen oder anderen Theiles zu erforschen sein und somit die morphologische Untersuchung mit der anatomischen verknüpft werden müssen. Für letztere ist das durchfallende Licht ungleich wichtiger und bitte ich über die Anwendung desselben S. 58 nachzulesen. Hier wird sich das Messer und die geübte Führung desselben besonders geltend machen, die Nadel und das einfache Mikroskop aber nur dazu dienen, dünne Schnitte durch Entfernung störender Theile zu verbessern; desgleichen wird die Anwendung der Reagentien (S. 45) über die chemische Beschaffenheit der Theile Aufschluss geben.

Da nun die morphologische Untersuchung mit der anatomischen Hand in Hand geht, so will auch ich beide neben einander behandeln; auch scheint es mir richtiger mit den niederen Pflanzen, als den einfacher gebauten, zu beginnen und von ihnen zur Untersuchung der höher entwickelten Gewächse überzugehen. Aus demselben Grunde möchte ich dem Anfänger rathen, mit den niederen Gewächsen seine Studien anzufangen, für welche die Kleinheit der Theile, wenn man erst einige Gewandtheit im Präpariren unter dem einfachen Mikroskop erlangt hat, ein geringes Hinderniß ist. Bei der Untersuchung der höher organisirten Gewächse wird man schon auf viel bedeutendere Schwierigkeiten stoßen, ungleich größere Fertigkeit und Sicherheit im Präpariren besitzen müssen, und dessenungeachtet bisweilen Verhältnisse antreffen, die nur durch eine gründliche Kenntniß vom Bau der Pflanzen überhaupt zu enträthseln sind.

Indem ich nunmehr auf den Untersuchungsengang speciell eingehe, halte ich es für zweckmäßig mit der Zelle, aus der alles im Pflanzenreich hervorgeht und aus der alle Pflanzentheile zusammen-



gesetzt sind, zu beginnen, da eine gründliche Kenntnifs derselben als die erste Bedingung für das Studium der Pflanzen-Anatomie und -Physiologie erscheint:

### A. Untersuchungsgang der Pflanzenzelle im Allgemeinen.

Um sich ein richtiges Bild der Pflanzenzelle zu verschaffen, betrachtet man zuerst die freie, mit anderen Zellen nicht verbundene Zelle, welche man natürlich in den reifen, saftigen Beerenfrüchten der Himbeere, Johannisbeere und Kirsche, desgleichen in teigig gewordenen Aepfeln und Birnen findet, oder künstlich durch Entfernung des die Zellen verbindenden Intercellularstoffes durch längeres Kochen mit Wasser, oder durch Erwärmen mit Aetzkalklösung, am schnellsten und besten aber durch Kochen mit Salpetersäure und chloresurem Kali (S. 48), erhält. Auch die Pollenkörner und Sporen, desgleichen die Schwärmsporen der Algen verdienen als natürlich freie Zellen, Beachtung, obschon sie nicht den ganz normalen Typus der Pflanzenzelle darstellen.

Durch die Betrachtung verschiedener isolirter Zellen wird man sowohl die Mannigfaltigkeit derselben in Größe und Gestalt, als auch den verschiedenen Bau der Zellmembran und die ebenso verschiedene Beschaffenheit des Inhaltes wahrnehmen.

Man wird im Bezug auf die Form Zellen von gleicher Höhe, Breite und Tiefe, die wieder kugelig, vieleckig oder fast cubisch sein können; dann solche, wo eine Dimension mehr oder weniger vorwaltet, als gestreckte Zellen von sehr verschiedener Gestalt unterscheiden können; ferner Zellenformen mit überwiegendem Zurückbleiben einer Dimension vor den beiden anderen, als tafelförmige Zellen von verschiedener Gestalt, und endlich solche kennen lernen, wo der eine oder andere Typus durch regelmässige oder unregelmässige seitliche Auswüchse ein stern-

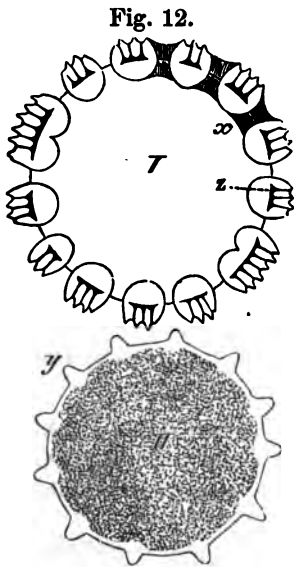
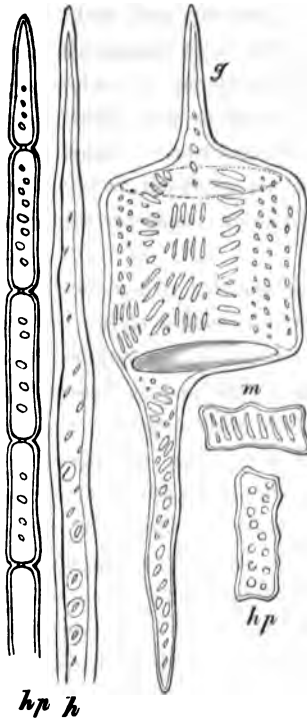


Fig. 12. Querschnitt durch ein Pollenkorn von *Mirabilis Jalapa*. 1 Die Außenhaut; x die Porenkanäle für den Austritt des Pollenschlauches;

förmiges oder verzweigtes Ansehen erhält. Kugelige Zellenformen erscheinen unter den Pollenkörnern bei den Gräsern, Canneen, Passifloreen, Campanulaceen, Malvaceen, Nyctagineen (Fig. 12), desgleichen bei den Sporen vieler Pilze. Ueberall, wo ein gegenseitiger Druck der Zellen auf einander stattgefunden, sind die Wände derselben abgeplattet, doch kehren schwach verdickte Zellen, wenn sie durch Kochen mit Kali oder mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali isolirt wurden, vielfach zur ursprünglichen Kugelgestalt zurück. Freie

Fig. 13.



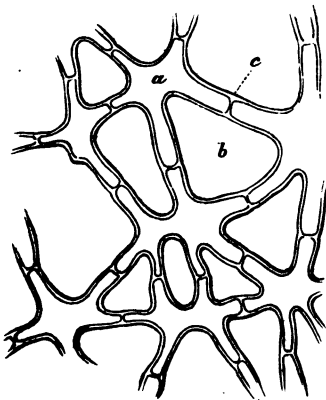
Zellen mit drei abgeplatteten und mit einer sphärischen Fläche zeigen die Sporen vieler Farrnkräuter (Pteris) und die Sporen von Lycopodium, wo sich vier Tochterzellen im engen Raum einer kugeligen Mutterzelle ausbilden mußten. Die stark verdickten und verholzten Parenchymzellen in der Rinde von Carpinus, Fraxinus, Acer und Quercus endlich können im isolirten Zustande als Beispiele fast cubischer oder vieleckiger Zellen gelten. Gestreckte Zellen in verschiedenem Verhältniß der einen Dimension zu den beiden anderen finden wir im Mark aller sehr rasch wachsenden Pflanzen, ferner im Cambium oder Safringe der Dicotyledonen und bei den Zellenarten, welche aus den Cambiumzellen der Gefäßbündel hervorgegangen sind, also den Gefäßzellen, den Holzzellen (Fig. 13), den Bastzellen

*z* die Hohlräume mit ihren Ausführungsgängen in der äußeren Schicht der Außenhaut. *II* Der Inhalt des Pollenkornes mit seiner Hautschicht des Protoplasma als Begrenzung; *y* eine der kegelförmigen Erhebungen, welche unter jedem Poren canal liegt (Vergrößerung 350mal).

Fig. 13. Aus dem Holz der Moquilea (el Canto) durch Maceration isolirte Zellen. *g* Gefäßzelle; *h* Holzzelle; *hp* Holzparenchym; *m* Markstrahlzelle. Die Verdickungsweise der Gefäßzelle ist hier nach der Verdickungsart der angrenzenden Zellen verschieden (Vergrößerung 200mal).

und den Siebröhren. Auch das Holzparenchym, durch Quertheilung in einer jugendlichen Holzzelle und das Bastparenchym durch Quertheilung in einer jungen Bastzelle entstanden, gehören mit zu den in senkrechter Richtung, d. h. der Längsrichtung des Theiles in dem sie vorkommen entsprechend, gestreckten Zellen. Unter den Gefäßzellen erscheinen jedoch, wenngleich selten (bei *Moquilea*), auch sehr kurze Zellen. Wagrecht, d. h. der Längsrichtung des Pflanzentheiles entgegengesetzt, gestreckten Zellen begegnen wir im Markstrahl der meisten Hölzer (*Abies*, *Pinus*, *Quercus* und *Fagus*). Die langgestreckten Zellen können walzenförmig erscheinen, wofür die großen Gefäße der Eiche u. s. w., desgleichen die Bastzellen der Palmen und des Flachsstengels ein Beispiel geben; häufiger werden sie jedoch durch den Druck ihrer Nachbarzellen vier- oder mehrseitig auftreten (die Holzzellen der Nadelhölzer und die meisten Bastzellen, z. B. der Chinarinde). Die langgestreckten Zellen können wieder in verschiedener Weise an ihren Enden abgeschlossen sein, nämlich wagrecht abgeflacht, bei den Zellen des Holzparenchyms und Bastparenchyms und bei vielen Gefäßzellen (*Fraxinus*, *Prunus*, *Ulmus* und *Quercus*), schief abgeflacht bei den Gefäßzellen von *Platanus*, *Corylus*, *Alnus* und *Betula* und endlich rundlich zugespitzt, bei allen Holzzellen und

Fig. 14.

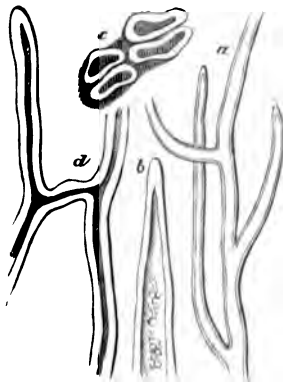


Bastzellen. Tafelförmige Zellen erscheinen vorzugsweise in der Oberhaut der Blätter und zwar von sehr verschiedener Gestalt, und ferner in den Korkgeweben, namentlich im Lederkork der Birke und des Kirschbaumes. Zellen mit seitlichen Auswüchsen finden wir als mehr oder weniger regelmäßiges sternförmiges Parenchymgewebe im Mark der *Juncus*-Arten (Fig. 14) und in den tafelförmigen Zellen der Oberhaut vieler Farrkrautblätter, desgleichen der Blätter von *Helleborus*, *Gladiolus* u. s. w.

Fig. 14. Sternförmige Zellen aus dem Mark der Binse (*Juncus conglomeratus*) im Querschnitt. *a* Der Hohlraum einer Zelle; *b* der weite Interzellularraum; *c* die Berührungsstelle zweier Zellenarme (Vergrößerung 200 mal).

Langgestreckte unregelmäßig verzweigte Zellen zeigen sich dagegen unter bastartigen Zellen bei *Rhizophora Mangle*, bei *Pereskia*, bei

Fig. 15.



*Larix* und bei den Milchsaftegefäßen der Euphorbiaceen (Fig. 15), ferner bei den Pollenschläuchen von *Fagus silvatica* u. s. w.

Wenn man die natürlich freien oder künstlich isolirten Zellen betrachtet, versäume man nicht, dieselben durch Umwenden mittelst eines feinen Haarpinsels oder in sonst geeigneter Weise von verschiedenen Seiten zu betrachten, um namentlich den Bau der Zellwand studiren zu können. Darauf behandle man die isolirten Zellen zuerst mit Jodlösung und nach Entfernung derselben mittelst

eines Haarpinsels, mit Schwefelsäure, oder man verwende für denselben Zweck die Chlorzink-Jodlösung. Durch die blaue Färbung der Cellulosewand werden jetzt die Porencanäle dünnwandiger Zellen, als helle Punkte oder Flecken auftreten und sich beim Aufquellen des Zellstoffes durch diese Mittel außerdem die Structurverhältnisse der Wand am deutlichsten zu erkennen geben. Für die Erscheinungen des Aufquellens ist vielfach auch das Kupferoxyd-Ammoniak sehr geeignet. Auch die primäre Membran und die Verdickungsschichten werden sich auf diese Weise, meistens durch ein verschiedenes chemisches oder optisches Verhalten, unterscheiden lassen.

Da aber bei allen natürlich mit einander verbundenen Zellen eine Betrachtung der künstlich isolirten Zellen nicht genügt, weil durch das chemische Reagens, welches den Intercellularstoff auflöste, auch im Inhalt der Zellen und in der chemischen Zusammensetzung ihrer Wand Veränderungen hervorgerufen wurden, so wird eine Betrachtung derselben Zellen im natürlichen Zustande nothwendig. Zarte Quer- und Längsschnitte durch den betreffenden Pflanzentheil gewähren hier den erwünschten Einblick und wird die Anwendung chemischer Reagentien auf die Schnitte nicht zu versäumen sein.

Fig. 15. Verzweigte Milchsafte führende Bastzellen. *a* u. *b* aus dem Blatte von *Euphorbia palustris*; *c* einige Bastzellen aus dem Stengel derselben Pflanze im Querschnitt; *d* Partie einer solchen Zelle aus dem Stamm von *Euphorbia antiquorum* (*a c d* 200mal, *b* 400mal vergrößert).

Durch Jod und Schwefelsäure wird man an der gelben oder grünen Färbung den Grad der Verholzung oder Verkorkung erfahren und bei vorsichtiger Anwendung auch die innerste nicht verholzte und deshalb sich blau färbende Verdickungsschicht erkennen, wofür jedoch eine 6—12stündige Einwirkung der Chlorzinklösung geeigneter ist. Auch ein geringer Zusatz von Aetzkali auf den frischen Schnitt und ein allmähliges Erwärmen mit demselben, darf nicht versäumt werden, weil es gar oft den Bau der Zellwand deutlicher macht und Verdickungsschichten, welche als solche nicht sichtbar waren, hervortreten läßt, wofür das Sameneiweiß der Elfenbeinnuß als Beispiel diene. Die mit Aetzkali behandelten und dadurch ihres Holzstoffes, Korkstoffes und Pectins beraubten Präparate werden darauf mit destillirtem Wasser vorsichtig und gut ausgewaschen und dann aufs Neue mit Reagentien behandelt, welche jetzt ein ganz anderes Verhalten zeigen. Endlich kann auch der Polarisationsapparat zur Unterscheidung des optischen Verhaltens der primären Membran und der Verdickungsschichten Anwendung finden und namentlich da, wo die primäre Membran der Zellen, mit der Intercellularsubstanz vereinigt, ein Netzwerk bildet, in welchem die Verdickungsschichten liegen, nützlich werden. So erkennt man bei richtiger Lage des zarten Querschnittes der Hölzer durch den Polarisationsapparat die Intercellularsubstanz als schwarze Linie, welche durch das helle Netzwerk geht, es in zwei Hälften zerlegend, und sieht gleichfalls beim Sameneiweiß der Elfenbeinnuß und der Dattel, wo selbst ohne Anwendung von Reagentien die Intercellularsubstanz kaum nachzuweisen ist, dieselbe als schwarze Linie zwischen den sich berührenden Zellwänden.

Der reine Zellstoff ist in Aetzkali unlöslich, quillt jedoch in selbigem mehr oder weniger auf, er ist löslich in concentrirter Schwefelsäure, auch werden manche Modificationen desselben in Kupferoxyd-Ammoniak aufgelöst (Baumwolle). Der Zellstoff der meisten Pflanzen wird durch Jod und Schwefelsäure, desgleichen durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt und wahrscheinlich durch die Schwefelsäure zuerst in Stärke und dann in Zucker verwandelt, weshalb die blaue Färbung durch Jod nur von kurzer Dauer ist. — Der Holzstoff ist in Aetzkali, Salpetersäure und in chloresaurom Kali löslich, in Schwefelsäure dagegen schwer löslich. Der Korkstoff ist gleichfalls in Aetzkali löslich, in Schwefelsäure aber

unlöslich (?); Salpetersäure und chloresäures Kali lösen ihn nicht, verwandeln ihn dagegen, wie alle oxydirenden Mittel, in einen wachsartigen Stoff. Das Pectin endlich ist in Alkalien löslich und kann aus der kalihaltigen Lösung durch Säuren als Gallerte abgeschieden werden. Holzstoff, Korkstoff und Pectin werden durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt.

Bei schwach verdickten Zellen sind auch die Porenkanäle nur flach, dagegen häufig um so weiter, wie dies die Parenchymzellen im Blatt und Rindengewebe der Cycadeen und im Stamm der Dracaenen zeigen; bei den Parenchymzellen der Runkelrübe liegen wiederum mehrere kleine Porenkanäle, Gruppen bildend, neben einander, was unter Anwendung von Jod und Schwefelsäure ein zierliches Bild gewährt. Auch in den Zellen des Fliedermarkes sind sie noch ziemlich weit und von oben gesehen kreisförmig. Bei

Fig. 16.

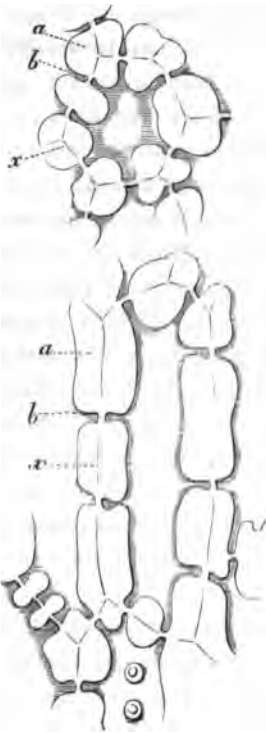
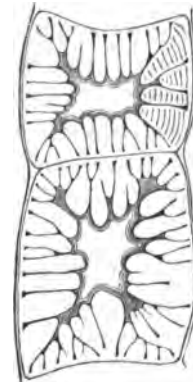


Fig. 17.



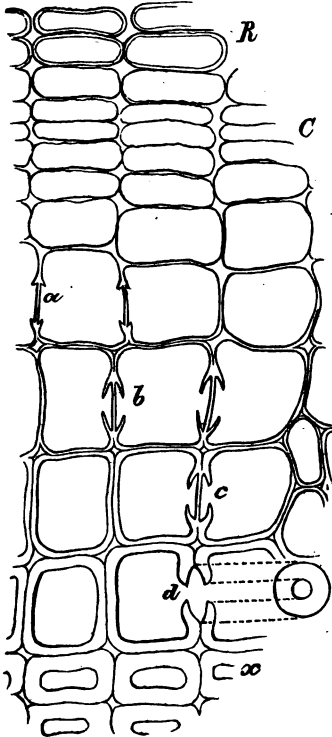
stärker verdickten Zellen werden natürlich, dem Grade der Verdickung entsprechend, auch die Porenkanäle tiefer. Weite und tiefe Porenkanäle zeigen die Zellen des Sameneiweißes der Elfenbeinhuß (Fig. 16), der Dattel und der Melampyrum-Arten, enge und tiefe Porenkanäle fin-

Fig. 16. Zellen aus dem Sameneiweiß der Dattel im Querschnitt und im Längsschnitt. *a* Die stark verdickten Partien der Zellwandung; *b* die Porenkanäle; *x* die Trennungslinie der beiden sich berührenden Zellwände (Vergrößerung 400 mal).

Fig. 17. Stark verdickte und verholzte Zellen aus dem Querschnitt der Holzigen Fruchtschale von *Hakea suaveolens* mit sehr zierlichen, oftmals verzweigten Porenkanälen (Vergrößerung 300 mal).

den wir dagegen in der verholzten Frucht und der Samenschale vieler Gewächse, ganz besonders schön in der steinharten Fruchtschale der *Hakea suaveolens* (Fig. 17), der Samenschale von *Salis-*

Fig. 18.



*buria* und *Pinus*, desgleichen in den steinigen Concretionen der Birne, wo die Porencanäle nicht selten verzweigt sind. Porencanäle mit erweitertem Grunde und später verschwundener, die beiden Nachbarzellen trennender, Scheidewand findet man ferner bei den Holzzellen und den Gefäßzellen und zwar als offene Tüpfel nur da, wo sich zwei **H** Holzzellen (Fig. 18) oder zwei Gefäßzellen gegenseitig berühren, oder wo eine Holz- und eine Gefäßzelle Nachbarn sind. Geschlossene Tüpfel, d. h. mit erhaltener Scheidewand, erscheinen dagegen zwischen den Holzzellen und den Gefäßzellen, wo selbige mit Holzparenchym oder mit Markstrahlzellen zusammen treffen<sup>1)</sup>. Den größten Tüpfeln begegnen wir in den Holzzellen der Nadelhölzer und in den Gefäß-

Fig. 18. Querschnitt aus dem Holz der Kiefer im Frühling, die Entwicklungsgeschichte des Tüpfels darstellend. *R* sind junge Zellen der Rinde; *C* ist das Cambium und *H* das Holz, dessen Zellen nach dem Grade der Entfernung vom Cambium weiter ausgebildet sind, was sich sowohl in ihrer Gestalt, als auch in dem Grade ihrer Verdickung kundgibt; *a* ist demnach der jüngste Zustand eines Tüpfels und *d* der vollkommen ausgebildete Tüpfel, der bereits die Scheidewand verloren hat und deshalb als offener Canal zwischen den beiden Zellen auftritt. Die punktierten Linien, welche seitlich von ihm auf zwei Kreise hinführen, erklären die Ansicht des Tüpfels von oben, wie ihn die Holz- und Gefäßzelle auf dem radialen Längsschnitt darstellt. Die Holz- und Gefäßzellen bei *d* sind fertig und haben schon ihren Saft verloren; *α* ist die Grenze des Jahresringes, also das Herbstholz des vergangenen Jahres (300mal vergrößert).

<sup>1)</sup> H. SCHACHT, de maculis (Tüpfel) in plantarum vasis. Bonnæ 1860.

zellen der Laurineen, von denen am betreffenden Orte die Rede sein wird. — Während die Porencanäle immer als verdünnte Stellen in den Verdickungsschichten gelten müssen und deshalb niemals wahre Löcher sind, kommen außer den offenen Tüpfeln noch vereinzelt in der Zellwand wahre Löcher vor, nämlich in den mit einem Spiralbande versehenen Zellen der Sphagnum- und Dicranum-Blätter und in den weiblichen Organen, den Oogonien, einiger Algenarten (Saprolegnia, Pythium). Das Fehlen der Membran in diesen Löchern wird am besten durch Injection mit ungelösten Farbstoffen bewiesen und ist auf diese Weise auch von mir für die offenen Tüpfel der Nadelhölzer sichergestellt worden. Bei unverholzten Zellen kann auch das Ungefärbtbleiben dieser Stellen bei Einwirkung von Chlorzink-Jodlösung, jedoch mit weniger Sicherheit die Löcher anzeigen, da Porencanäle mit sehr zarter Scheidewand auch als farblose Flecken erscheinen. Mit Salpetersäure und chloresurem Kali behandelte Zellen endlich zeigen bisweilen durch Einwirkung des Reagens Löcher, wo solche im natürlichen Zustande nicht vorhanden waren.

Für die Weise der Zellwandverdickung achtet man weiter darauf, ob selbige allseitig gleichmäßig oder an bestimmten Stellen überwiegend erfolgt ist. Der erste Fall ist der gewöhnliche und der

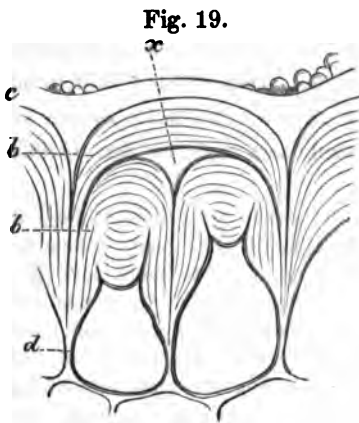


Fig. 19.

andere nur von beschränkter Verbreitung, als Beispiele die Epidermiszellen derjenigen Pflanzen, welche Cuticularschichten bilden (Viscum, Phormium, Gasteria, Ilex), und nur die äußere Seite stark verdickt ist und Korkstoff in sich aufgenommen hat (Fig. 19). Die Verdickungsschichten selbst können weiter gleichmäßig und nur von Porencanälen durchbrochen sein, sie können aber, und zwar häufiger, auch streifenartig verdickt erscheinen.

Fig. 19. Partie aus dem Längsschnitt durch die Oberhaut eines 9jährigen Stengelgliedes von *Viscum album*. *b* Die cuticularisirten Verdickungsschichten. In der mittleren Zelle haben sich noch später zwei Tochterzellen gebildet; *c* die Cuticula; *d* die nicht cuticularisirte innerste Verdickungsschicht; *x* Intercellularsubstanz (Vergrößerung 400 mal).



Wenn diese verdickten Streifen spiralförmig angeordnet sind, so kann die Richtung derselben in allen Schichten dieselbe, sie kann aber auch in den sich folgenden Schichten eine verschiedene sein, wofür die Bastzellen von *Vinca* und *Apocynum* mit gekreuzter Streifung, desgleichen die Bastzellen von *Caryota urens*, Beispiele geben. Einfach spiralförmig verdickte Zellen findet man im Blatte von *Liparis* und in der Luftwurzel von *Stanhopea*. Ein einfaches oder ein doppeltes Spiralband von bedeutender Stärke erscheint in den Schleuderzellen der reifen Fruchtkapsel der meisten Lebermoose; ein plattenförmig im Innern der Zelle vordringendes Spiralband be-

Fig. 20.



sitzen die Holzzellen der *Mamillaria* (Fig. 20) und enger oder weiter gewundene Spiralbänder sind den Spiralgefäßen, die man in jedem Blattnerve und in der Markscheide jedes dicotyledonen Stammes findet, eigen. Ringförmige und netzförmige Verdickungen sind für die Gefäße in der Markscheide, neben den Spiralgefäßen, gewöhnlich; außerdem finden sich in der Samenschale vieler Gewächse sehr zierliche Verdickungsformen (z. B. bei *Maurandia*). Manche Zellen mit scheinbar gleichförmiger Verdickung zeigen erst

nach Isolirung mittelst Salpetersäure und chlorsaurem Kali, durch Einwirkung von Chlorzink-Jodlösung oder Kupferoxyd-Ammoniak eine spiral- oder netzförmige Anordnung, wohin die Mehrzahl der Bastzellen zu rechnen ist und solche von *Linum*, *Cannabis*, den Palmen u. s. w. geeignete Beispiele geben.

Membranlose Zellen finden sich im Pflanzenreich als Dauerzellen nicht, wohl aber kennt man sie bei den Schwärmsporen der Algen vor dem Auswachsen zum neuen Algenfaden und bei den unbefruchteten Befruchtungskörpern der Algen, desgleichen bei den entsprechenden Keimbläschen der übrigen Kryptogamen vor der Befruchtung. Auch die unbefruchteten Keimbläschen der Phanerogamen sind entweder wie die vorigen nach allen Seiten hin membranlos, oder sie besitzen häufiger nach der einen Seite eine eigenthümliche Zellstoffausscheidung von streifenartigem Ansehen, den ich Fadenapparat nenne. — Ursprünglich ist jede sich bildende Zelle membranlos; sie erhält aber sehr bald und selbstständig eine aus Zellstoff bestehende

Fig. 20. Eine Zelle aus dem Gefäßbündel von *Mamillaria stellaris*. Das Spiralband ist plattenförmig ausgebildet und verholzt (Vergr. 200 mal).

Umhüllung, während die Keimbläschen aller Pflanzen erst durch die Befruchtung zur Bildung einer festen Zellstoffmembran befähigt werden, ohne dieselbe aber bald vergehen und deshalb ebensowenig als die nur kurze Zeit membranlos bleibenden Schwärmsporen als Dauerzellen betrachtet werden können.

Den Mangel einer festen Membran erkennt man in den genannten Fällen zum Theil schon durch das Vergehen solcher Zellen im Wasser des Objectträgers, indem sie sich einfach auflösen, während, wenn eine Membran vorhanden ist und durch Endosmose eine reichliche Wasseraufnahme bewirkt wird, ein plötzliches Zerreißen der letzteren stattfindet und sich dann erst der Inhalt mit dem Wasser mischt, die entleerte Membran aber zurückbleibt, wie man dies bei den ganz jungen Tochterzellen der Pollenmutterzellen häufig beobachten kann (*Althaea*, *Viscum*). Wenn aber das die membranlose Zelle umgrenzende Protoplasma, wie häufig der Fall, im Umkreis mehr verdichtet ist und vom Wasser nicht sobald gelöst wird, so bewirkt doch der Zusatz von Zuckerwasser oder einer sehr verdünnten Säure, oder verdünnter Kochsalzlösung eine unregelmäßige Contraction desselben; die membranlose Zelle schrumpft mit anderen Worten zusammen. Ist dagegen eine feste Membran, und sei dieselbe noch so zart, vorhanden, so wird sich diese als eine sehr zarte, anfänglich selbst noch contractile, später aber mehr starre Haut von dem körnigen sich unregelmäßig und stärker zusammenziehenden Inhalte trennen. Dagegen wird weder Jod und Schwefelsäure, noch Chlorzink-Jodlösung eine blaue Färbung der ganz jungen Zellmembran bewirken; selbige scheint erst ganz allmählig in Zellstoff überzugehen.

Wie man die organischen in der Zellwand abgelagerten Stoffe, den Zellstoff, Holzstoff, Korkstoff und das Pectin durch Anwendung der Reagentien auf den Pflanzendurchschnitt selbst erkennt, so findet man die mineralischen hier vorhandenen Stoffe, nach dem Verbrennen kleiner Pflanzentheilchen, in der zurückbleibenden Asche. Ist Kieselsäure vorhanden, so erkennt man an dem Kieselskelet der verbrannten Zellen sehr deutlich, ob selbige einen Bestandtheil der Wand ausmache. Dagegen ist es bei kalkhaltigen Zellen nothwendig, recht zarte Schnitte vorsichtig zu verbrennen und eben so vorsichtig in einen Wassertropfen auf die Objectplatte zu übertragen, damit das sehr zerbrechliche Kalkskelet der Zellen nicht zerstört werde. Verkieselte Zellen findet man in der Oberhaut der Gramineen und Equi-

setaceen, in der Oberhaut der Blätter von *Petraea* und *Moquilea*; verkieselte Gefäße und Holzparenchym im Holz von *Tectona grandis* und verkieselte Rindenzellen aller Art in der Rinde von *Petraea* und *Moquilea*. Bei *Tectona* und in der Rinde der *Petraea* und *Moquilea* erscheint die Kieselaablagerung nicht als eigentliche Zellwand, sondern dem Inhalt angehörig, die Zellwand verbrennt und das Kiesel-skelet der mit Porencanälen reichlich versehenen Zellen zeigt jetzt die letztere als hervorragende Spitzen<sup>1)</sup>; auch kommen im Innern dieser Zellen selbst noch Kieselausscheidungen vor, die sich optisch wie Opal verhalten. Ein Kalkskelet der Zellen findet sich im äußerst schweren Holz von *Brosimum guianense* und im geringen Grade im Holz aller Kalkboden liebenden Bäume. Die Zellen der *Corallina* hinterlassen gleichfalls beim Verbrennen ein vollständiges Kalkskelet. Mit welcher Säure der Kalk verbunden gewesen, läßt sich freilich nach dem Verbrennen, wenn selbige organische Natur war, nicht mehr entscheiden.

Gehen wir jetzt zum Inhalt der Zelle über, so besteht derselbe bei allen lebendigen Zellen aus einer wässerigen Flüssigkeit, in welcher verschiedene organische und unorganische Stoffe gelöst oder suspendirt sein können. Unter den gelösten organischen Stoffen darf man Zucker, Gummi und Dextrin vermuthen. Der Zucker kann durch Schwefelsäure (S. 75) und der Traubenzucker durch Kupfer-vitriollösung und Aetzkali nachgewiesen werden; im ersten Falle durch eine rosenrothe Färbung, im anderen durch einen mennigfarbenen Niederschlag, jedoch manchmal erst nach längerer Zeit oder nach dem Erwärmen. Gummi und Dextrin erkennt man unter dem Mikroskop durch einen körnigen Niederschlag, den Alcohol in dem klaren Zellsaft bewirkt. Die rothen im Zellsaft gelösten Farbstoffe deuten auf eine freie Säure, die blauen dagegen auf ein freies Alkali; durch Zusatz eines Tropfens Ammoniak kann man die erstere in blau, die andere aber durch einen Tropfen irgend welcher Säure in Roth umändern. Wenn durch Zusatz von Schwefelsäure in der Flüssigkeit Krystallnadeln anschießen, so ist ein lösliches Kalksalz vorhanden, welches durch Gypsbildung angezeigt wurde.

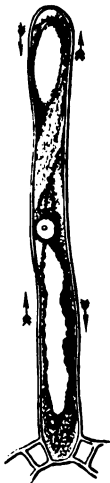
Wo es sich nun darum handelt, den verschiedenen Inhalt neben einander liegender Zellen zu erforschen, darf der zu untersuchende

<sup>1)</sup> KRÜGER, über die el Canto-Rinde in der botanischen Zeitung von 1857. S. 281 und v. MOHL in der botan. Zeitung von 1861. S. 209.

Pflanzenschnitt nicht so zart sein, daß seine Zellen durchgeschnitten werden, weil der Saft der angeschnittenen Zelle ausfließen und sich mit dem seiner Nachbarzellen mischen würde. Man wird auch zweckmäßig den mäßig zarten Schnitt vorher mit destillirtem Wasser abspülen und dann erst die Reagentien benutzen, welche einzeln nach einander und zwar immer für ein besonderes frisches Präparat verwendet, aber nicht nach einander für dasselbe Präparat benutzt werden dürfen, weil sie gegenseitig ihre Wirkung hindern würden.

Das Protoplasma oder der stickstoffhaltige Schleim mischt sich nicht mit dem Zellsaft und durchzieht deshalb vielfach in strömender Bewegung denselben. Für die Beobachtung der Protoplasmaströmung ist *Valisneria spiralis* ein alle Zeit brauchbares Object und zeigt ein mäßig dünner Flächenschnitt des Blattes, welcher reichlich mit Wasser befeuchtet und mit einem Deckglase belegt wird, sehr bald die gewünschte Bewegung, welche im Umkreis der

Fig. 21.



Zellen stattfindet und die kugelige Chlorophyllkörner, desgleichen den im Protoplasmastrom liegenden sehr durchsichtigen Zellkern mit sich führt. Nicht selten stockt die Bewegung zu Anfang, tritt aber nach 5 bis 15 Minuten wieder ein und dauert, wenn für Ersetzung des Wassers gesorgt wird, stunden- und tagelang fort. Im Sommer sind auch die Wurzelhaare von *Hydrocharis Morus ranae* für die Erscheinung der Protoplasma-Strömung sehr geeignet und wählt man solche, welche, wenn die Wurzel aus dem Wasser gehoben wird, wagrecht von ihr abstehen. Auch die Haare vom Fruchtknoten ganz frischer Blütenknospen (*Oenothera* [Fig. 21], *Clarkia*) zeigen denselben einfachen, längs der Wand in Gestalt eines Spiralbandes verlaufenden Protoplasmastrom, während die einzelligen Haare des Filamentes der *Tradescantia*-Arten in jeder Zelle eine viel complicirtere Saftströmung mit zahlreichen durch das Innere der Zelle verlaufenden fadenförmigen Nebenströmen besitzen. Die weiß gefärbten Haare einiger *Tradescantien* mit einem farblosen Zellsaft sind zur Beobachtung dieser sehr zierlichen Erscheinung geeigneter und wird man hier nicht selten verschiedene sich mit ungleicher Schnelligkeit bewegende

Fig. 21. Haar des jungen Fruchtknotens der Nachtkerze (*Oenothera muricata*). Die Pfeile zeigen die Richtung des Stromes (Vergr. 200 mal).

Schichten des Protoplasma wahrnehmen können. Die roth gefärbten Haare anderer Tradescantien dagegen, deren Zellen einen roth gefärbten Zellsaft und ein farbloses Protoplasma besitzen, zeigen wieder die Bahnen des letzteren durch den Zellsaft am besten und werden noch durch die Aufnahme des löslichen Farbstoffes von Seiten des Protoplasma beim Absterben der Zelle lehrreich. Sobald man nämlich Jodlösung, Alcohol oder sonst Reagentien, welche verändernd auf das Protoplasma einwirken, zusetzt und damit die Zelle ertödet, speichert das Protoplasma und der Zellkern, welche im lebenden Zustande farblos waren und nicht zur Aufnahme löslicher Farbstoffe bewegt werden konnten, dieselben begierig auf, sie fest an sich bindend. — Chara und noch besser Nitella sind, wegen der Größe der Zellen und wegen der Menge des in Bewegung begriffenen Protoplasma's, besonders für genaue Untersuchungen über das Wesen der Erscheinung und die Störungen, welche durch Anwendung chemischer Mittel, desgleichen durch elektrische Ströme auf dieselbe ausgeübt werden, geeignet<sup>1)</sup>. Im Sommer sind bei warmer Witterung die Protoplasmaströme in den genannten Pflanzen leicht zu verfolgen, im Winter aber bleibt die Valisneria oder die im Zimmer gezogene Chara fast das einzige brauchbare Object, da nur ganz frische und tüppig vegetirende Zellen eine Protoplasmaabewegung zeigen, wogegen vielfach in safterfüllten Zellen ruhende Ströme, sogenannte Protoplasmafäden, beobachtet werden (z. B. in den Zellen der reifen Schneebere). Die Bewegung des Stromes erkennt man am besten durch die Ortsveränderung der kleinen im Protoplasma vertheilten Körnchen, welche man deshalb scharf ins Auge fassen und länger betrachten muß, und läßt sich erwarten, daß mit Hilfe der besten neueren Objective (*F* von ZEISS oder die Wasserlinsen) hier noch interessante Wahrnehmungen zu machen sind.

Kugelige, mit einem klaren Zellsaft erfüllte, Räume im körnigen, dickflüssigen Protoplasma, welche als Vacuolen oder Scheinzellen bekannt sind, finden sich hier und da in den Pflanzenzellen und können leicht für Tochterzellen gehalten werden; sie unterscheiden sich aber durch das Fehlen des Zellkernes und den Mangel körniger Stoffe im Innern des kugeligen Raumes. Wenn das Protoplasma dünnflüssig ist, fließen sie schon bei sanfter Berührung oder dem Druck der

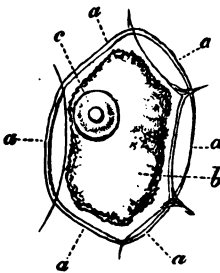
<sup>1)</sup> A. BRAUN, über die Strömung in den Charen. Monatsberichte der Berliner Akademie 1853. — UNGER, Anatomie und Physiologie. S. 77.

Deckplatte zusammen. Selten zeigen sich im Innern einer großen Scheinzelle kleinere ähnlicher Art, in welchem Falle der Inhalt der größeren Scheinzelle feinkörnig erscheint. Die Vacuolen erscheinen vorzugsweise an solchen Orten, wo später keine Tochterzellenbildung eintritt, z. B. in der fadenförmigen Verlängerung des Embryosackes der Cucurbitaceen und in den Aussackungen des Embryosackes der Personaten und Labiaten, jedoch nur zu einer bestimmten Zeit, während späterhin an derselben Stelle eine lebhaftere Protoplasmaströmung eintritt, ferner in dem kugelig angeschwollenen Embryoträger von Potamogeton und endlich in den Corpuseulis der Nadelhölzer zur Zeit der Befruchtung. Dieselben verdienen eine genauere Beachtung, als ihnen bisher gezollt wurde.

PRINGSHEIM unterscheidet im Wand-Protoplasma der Zelle Hautschicht und Körnerschicht, die erstere ist körnerlos und von festerer Consistenz, sie geht durch chemische Veränderungen allmählig in Zellstoff über und bildet so bei neuentstandenen Zellen zuerst deren primäre Membran und durch Wiederholung desselben Processes später deren Verdickungsschichten. Man findet deshalb die Hautschicht nicht immer von gleicher Stärke und Beschaffenheit. Unumstößliche Beweise für den directen Uebergang des Protoplasma in Zellstoff gewährt die Umwandlung der zahllosen Protoplasmaströme, welche bald nach der Befruchtung die vordere Aussackung des Embryosackes von *Pedicularis silvatica* durchziehen, in Zellstoffäden und deren Verdickung durch fortdauernde Protoplasmaströmung. Durch Zuckerwasser und sehr verdünnte Säuren, desgleichen durch schwache Salzlösung (Kochsalz, Glaubersalz u. s. w.) läßt sich, bei behutsamer Anwendung, eine allmähliche Contraction der Hautschicht des Protoplasma bewirken, welche sich von der Zellwand ablöst und oftmals eine gleichsam aus geronnenen Stoffen bestehende Membran darstellt, welche v. MOHL den Primordialschlauch nannte. — In kranken oder schon abgestorbenen Zellen erscheint das Protoplasma bisweilen in ähnlicher Weise membranartig geronnen. Im Uebrigen verhält es sich in allen Fällen wie eine stickstoffhaltige Substanz, wird, wenn in hinreichender Menge vorhanden, durch Zucker und Schwefelsäure roth, durch Salpetersäure und Aetzammoniak gelb und durch salpetersaures Quecksilberoxyd mennigfarben und speichert endlich im geronnenen Zustande begierig lösliche Farbstoffe auf, wozu wässerige Carminlösung besonders anwendbar ist.

Der Zellkern (Cytoblastus) gehört als runder fester Körper dem Innern der lebenden Zelle und liegt entweder im Wand-Prottoplasma, als wandständiger Zellkern oder vom Prottoplasma umgeben im Centrum der Zelle, in welchem Falle das Wand-Prottoplasma mit dem Prottoplasma des centralen Zellkernes durch kleine Ströme in ununterbrochener Verbindung steht. Der centrale Zellkern ist seltener, er findet sich bei den Pollenkörnern und Sporen, desgleichen in den Keimbläschen der Kryptogamen und Phanerogamen. Der Zellkern

Fig. 22.



ist meistens mit einem kleineren centralen kugligen Kern, dessen Kernkörperchen (nucleolus) von stark lichtbrechender Beschaffenheit versehen (Fig. 22); beide sind scharf umschrieben und ist die Masse des Zellkernes selbst nicht selten von körniger Beschaffenheit. Bei krankhaften Veränderungen der Zelle geht auch der Zellkern Veränderungen ein und vergrößert sich bisweilen um das Dreifache seiner vormaligen Größe (bei bestimmten Krankheitsformen der

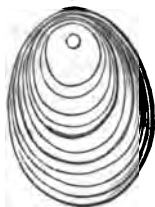
Zuckerrübe). Eine feste Membran ist nur selten und nur für alte Zellkerne nachzuweisen. Seine Vermehrung geschieht durch Theilung und durch selbstständige Bildung neuer Kerne, sie wird bei der Zellenbildung ausführlicher besprochen. Das Verhalten des Zellkernes zu Reagentien entspricht dem Prottoplasma, weshalb man ihn auch zu den stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Pflanzenzelle rechnet. Lösliche organische Farbstoffe (Carmin oder Indigo) werden vom toten Zellkern begierig aufgespeichert und zwar färbt sich das Kernkörperchen immer viel dunkler als die Masse des Zellkernes.

Weiter kommen im Zellsaft noch Oel- und Harztropfen, desgleichen Stärkmehl, Inulin, Klebermehl und Chlorophyll in Körnerform und endlich Krystalle mit anorganischer Basis vor. Die Oele, Harze und das Wachs erkennt man an der stark lichtbrechenden Beschaffenheit und an der Löslichkeit in Alcohol, Aether oder Benzin, ihren Aggregatzustand aber durch das Compressorium, und die Schmelzbarkeit der Harz- und der Wachsklümpchen durch Erwärmung (S. 75).

Fig. 22. Eine Zelle aus der Wurzel von *Himantoglossum hircinum* mit den Wänden benachbarter Zellen. *a* Die Zellwand; *b* das geronnene Prottoplasma; *c* der Zellkern (Vergrößerung 200 mal).

Das Stärkmehl ist durch sein Verhalten zu Jod, welches je nach dem Grade der Verdünnung eine hellviolette bis dunkelblaue Färbung der Körner bewirkt, kenntlich, und sollte man, wo Körnchen vorkommen, niemals unterlassen, Jodlösung anzuwenden. Die Größe und Gestalt der Stärkmehlkörner kann sehr verschieden sein und kommen in derselben Zelle kleine und große Körner neben einander vor. Dieselben scheinen wie die Zellwand aus Schichten zusammengesetzt und durch Bildung neuer Schichten zu wachsen;

Fig. 23.



im Innern des Kornes liegt ein fester Kern, den man früher mit Unrecht für eine Höhle angesehen hat (Fig. 23). Wo Schichtung und Kern undeutlich sind, kann man die Lage des letzteren durch das Polarisations-Mikroskop erfahren, weil jedes Stärkmehlkorn bei gekreuzten NICOLS ein Kreuz zeigt und der Kreuzungspunkt der beiden Arme desselben immer im Kern liegt, deshalb bei centralem Kern centrisch, bei excentrischem Kern gleichfalls excentrisch erscheint. Die ausgewachsenen Stärkmehlkörner der Kartoffel und der Scitamineen-Rhizome zeigen einen excentrischen, die Stärkmehlkörner des Weizens dagegen einen centralen Kern. Da das Stärkmehlkorn, wie NÄGELI nachgewiesen, aus Stärke und einem dem Zellstoff ähnlichen Stoffe besteht, so läßt sich die erstere durch 8—10tägiges Behandeln der Stärkmehlkörner mit thierischem Speichel ausziehen, worauf ein Skelet mit vollkommen erhaltener Schichtung zurückbleibt, welches durch Jodlösung gelb gefärbt wird, aber nach v. MOHL in Nickel-Oxydammoniak leicht löslich ist (S. 47). Das Amylum der Canna-Arten, welches mehr Zellstoff als die Kartoffelstärke enthält, eignet sich für diesen Versuch am besten, und bringt man dasselbe mit Speichel in eine leicht verschlossene Kochröhre, welche 8—10 Tage einer Temperatur von 30—40° R. ausgesetzt und häufig umgeschüttelt wird. Sobald die Wärme über 50° steigt, mißlingt der Versuch und die Stärkmehlkörner erscheinen aufgequollen<sup>1)</sup>. Sehr zarte Durchschnitte von Stärkmehl gewinnt man in der S. 68 beschriebenen Weise und ist für das Amylum der Kartoffel mit deutlicher Schichtung bemerkens-

Fig. 23. Ein Stärkmehlkorn der Kartoffelknolle (Vergr. 500 mal).

<sup>1)</sup> F. SCHULZE in Rostock benutzt statt des Speichels mit demselben Erfolg eine Auflösung von Kochsalz mit etwas freier Salzsäure.



werth, daß diese Durchschnitte von unglaublicher Zartheit in Oelstüß aufbewahrt, selbst bei schiefem Licht keine Andeutung ihrer Schichtung zeigen, wohl aber unter dem Polarisationsapparat das Kreuz vorzüglich schön aufweisen und mit eingelegter Gipsplatte sich, wie alle Stärkmehlkörner, positiv verhalten (S. 83). Das Skelet der Stärkmehlkörner bleibt gleichfalls positiv. Das Aufquellen der Stärkmehlkörner muß unter Kupferoxyd-Ammoniak, Chlorzink-Jodlösung, unter Säuren und Alkalien, und beim Erwärmen mit Wasser (S. 79) beobachtet werden und wird, je nach der Einwirkung des Reagens und nach dem Grade der Erwärmung, verschieden ausfallen. — Man unterscheidet rundliche Körner, die sehr allgemein verbreitet sind, z. B. bei der Kartoffel und der Batate, flach gedrückt linsenförmige im Sameneiweiß von *Triticum*, *Hordeum* und *Secale*, platte muschelartige Scheiben im Wurzelstock der Zingiberaceen, stabförmige im Milchsafte vieler Euphorbiaceen und zusammengesetzte Körner im Wurzelstock von *Arum*, in der Wurzel von *Anatherum*, in der Wurzel von *Bryonia* und in der Zwiebel von *Colchicum*. Die Stärkmehlkörner lassen sich in Glycerin unverändert aufbewahren.

Das Inulin, von beschränkter Verbreitung, wird namentlich in den Wurzeln der Compositen gefunden (*Dahlia*, *Cichorium*, *Leontodon*, *Helianthus*). Seine Körner besitzen mit dem Wasser gleiches lichtbrechendes Vermögen und werden, nach HARTIG, durch Jodglycerin am besten sichtbar gemacht.

Das Klebermehl oder Aleuron, von HARTIG zuerst unterschieden, findet sich in Körnerform im Sameneiweiß der Leguminosen, desgleichen im Sameneiweiß der *Bertolletia* und neben Stärkmehl im Sameneiweiß der Nadelhölzer; in Krystallform erscheint es dagegen, von Stärkmehlkörnern umgeben, im Sameneiweiß der Typhaeen (*Sparganium*, *Typha*) und in den stärkmehlerfüllten Zellen der Kartoffelknolle als einzelner Krystall, den gekochte Kartoffeln am besten zeigen (hier von COHN zuerst gesehen). — Auch möchten die sehr regelmäßigen und schön ausgebildeten großen Krystalle im Milchsafte von *Jatropha Manihot*, von KARSTEN zuerst beobachtet, und die von RADLKOFER aufgefundenen Krystalle in dem Zellkern der *Lathraea*, ihres ähnlichen Verhaltens halber, mit zum Klebermehl gezählt werden. Das letztere zeigt einen geschichteten Bau, ist aber dennoch unter dem Polarisations-Mikroskop nur schwach doppelt brechend. In Wasser, Säuren und Alkalien leicht löslich,

wird es von Jodglycerin gelb und durch salpetersaures Quecksilberoxydul ziegelroth gefärbt. Es löst sich in fettem Oel unverändert aufbewahren.

Die Körner des Blattgrüns oder Chlorophylls bestehen aus einer Unterlage von verschiedener chemischer Zusammensetzung, Stärkmehl-, Wachs- und Protoplasma-Körnern und einem dieselben grün färbenden Ueberzug von Blattgrün, welcher sich durch Behandlung mit Alcohol entfernen läßt. Die alcoholische Lösung fluorescirt, d. h. sie erscheint bei durchfallendem Lichte klar und weinfarben, bei auffallendem Lichte auf einen dunkelen Hintergrund dagegen opalisirend und grün. Die durch Alcohol entfärbten Körner können weiter auf ihre chemische Zusammensetzung durch geeignete Reagentien geprüft werden. Chlorophyllkörner mit Stärkmehl als Grundlage sind am häufigsten verbreitet. Chlorophyllbänder finden wir in den Algengattungen Spirogyra und Mougotia und formloses Blattgrün mehr als krankhafte Erscheinung. Das Chlorophyll kann sowohl in einen blauen, als in einen gelben und rothen Farbstoff übergehen. Das erstere beweist die blaue Färbung der getrockneten Blätter von *Mercurialis perennis*, das andere dagegen die herbstliche Färbung der Bäume vor dem Blattfall, und zeigt sich dieselbe Umwandlung der Blattgrünkörner in schön orangefarbene Körnchen in den männlichen und weiblichen Organen der Chara und Nitella zur Zeit ihrer Reife. Der gelbe und rothe Farbstoff wird als Xanthophyll und Erythrophyll unterschieden. Das Blattgrün ist vorzugsweise in den dem Lichte ausgesetzten vegetativen Theilen der Pflanze verbreitet. Sehr große Chlorophyllkörner finden sich bei *Valisneria* (S. 102) und im Blattparenchym der Nelken, wo man, nach Entfernung der Oberhaut, die locker verbundenen Parenchymzellen mit dem Messer abheben und auf die Objecttafel bringen kann. Das Chlorophyll ist nach den chemischen Untersuchungen stickstoffhaltig.

Für andere im festen Zustande in der Pflanzenzelle hier und da vorkommende Substanzen lassen sich bis jetzt keine mikrochemischen Charaktere angeben, desgleichen ist die chemische Bestimmung der Krystalle unter dem Mikroskop noch mangelhaft (S. 75). Zur Winkelmessung derselben kann bei sehr schön ausgebildeten Krystallen und richtiger Lage derselben, nach HARTING's Vorschlag, das Zeichenprisma oder die Camera lucida dienen, indem man nach einer genauen Zeichnung mittelst des Transporteurs die Winkel

bestimmen kann, wodurch das theuere Goniometer, welches selten grössere Genauigkeit gewährt, entbehrlich wird. In den Parenchymzellen überhaupt und namentlich in denjenigen der Rinde, desgleichen in den Markstrahlzellen des Holzes und im Holzparenchym sind Krystalle sehr gewöhnlich. Am schönsten ausgebildet findet man dieselben als einzelne Krystalle in der Rinde von *Guajacum officinale*, in der Rinde von *Pinus* und *Larix*, in den Zwiebschuppen von *Allium*; als Krystallbündel, sogenannte Raphidenbündel, in den frischen Knollen der Orchideen, in der Rinde von *Cissus* und im Blatt- und Stengelgewebe der Aroideen, wo immer nur einzelne Zellen Krystallbündel enthalten, welche bei den Orchideen in eine Schleimmasse gebettet sind, während das übrige Parenchym Stärkemehlkörner führt. Krystalldrusen endlich erscheinen in Menge in der Rhabarberwurzel und in den Geweben der Cacteen.

### B. Untersuchungsgang für die Bildung der Pflanzenzelle.

Man unterscheidet eine Bildung neuer Zellen durch Theilung des Gesamttinhaltes der Mutterzelle in zwei oder mehrere Portionen, deren jede zu einer neuen Zelle wird, als Zellentheilung, von einer Bildung neuer Zellen im Innern einer Mutterzelle aus einem Theile des Inhaltes um neue selbstständig gebildete Zellkerne als freie Zellenbildung. Bei der Zellentheilung hört die Mutterzelle, da ihr ganzer Inhalt verbraucht wird, auf, als Zelle zu leben, bei der freien Zellenbildung aber lebt sie weiter.

Die Zellentheilung in zwei Tochterzellen läßt sich am besten bei den langzelligen Fadenalgen (*Spirogyra*, *Cladophora* und *Conferva*) und zwar unter dem Mikroskope selbst durch alle Stadien verfolgen<sup>1)</sup>. Die jüngsten Zweige der *Cladophora* verdienen nach PRINGSHEIM den Vorzug, da sie den Theilungsvorgang häufiger und normaler als die älteren Zweige zeigen. Hier, wie bei *Conferva*, scheinen die Zellkerne zu fehlen und muß man deshalb solche Zellen suchen, welche etwa in der Mitte ihrer Länge eine Einschnürung des grünen Inhaltes zeigen. Wenn man die Oberfläche solcher Zelle in den Focus des Mikroskopes bringt, wird man an betreffender Stelle eine zarte, jedoch mit doppelter Contour sichtbare Querlinie erkennen,

<sup>1)</sup> PRINGSHEIM, Bau und Bildung der Pflanzenzelle. Berlin 1854.

welche in der Mitte der Einschnürung verlaufend, den Anfang der sich bildenden Scheidewand darstellt. — Wird dann für Erhaltung des Wassers auf dem Objectglase gesorgt und das Präparat mit zwei Federklammern auf den Tisch befestigt, so kann man von Viertelstunde zu Viertelstunde das Vorschreiten der Einschnürung und das ihm entsprechende Vordringen der sich bildenden Scheidewand sicher beobachten, bis endlich die vollständige Abschnürung des Inhaltes der Mutterzelle in zwei Hälften erfolgt und die Scheidewand bei dem Aufeinandertreffen im Mittelpunkt der Zelle vollendet ist. Wenn man den Theilungsvorgang erst einige Male vollständig beobachtet, auch von Zeit zu Zeit die betreffenden Zustände desselben, mit genauer Angabe der Zeit, vermittelst der Camera lucida gezeichnet hat, wendet man, um nähere Einsicht in die Erscheinung zu gewinnen, auf verschiedene Zustände der Theilung chemische Reagentien an; als welche sich verdünnte Zucker- oder Kochsalzlösung ganz besonders empfehlen. Indem sich nämlich durch Einwirkung derselben die Hautschicht des Protoplasma von der Zellwand zurückzieht, wird auch die junge noch unvollendete Scheidewand frei und ragt als äußerst zartes Blättchen in das Innere der Zelle. Wendet man dagegen Essigsäure an, so erfolgt zwar gleichfalls eine Contraction der Hautschicht, jedoch zugleich eine Auflösung der jugendlichen Scheidewand.

Bei Spirogyra wird der Theilungsvorgang durch den hier vorhandenen Zellkern und dessen Betheiligung noch interessanter. Genau in der Mitte jeder Zelle erblickt man einen Zellkern, der von einer Protoplasmazone, welche Ströme an das Wandprotoplasma abgiebt, umhüllt ist. Dieser Zellkern theilt sich in zwei Hälften und beide Hälften entfernen sich langsam von einander. Wo man deshalb in einer Spirogyrazelle einen in der Theilung begriffenen Zellkern oder zwei sich noch berührende Zellkerne antrifft, darf man in nächster Zeit den Vorgang der Theilung erwarten, welcher im Uebrigen nicht wesentlich von dem der Cladophora verschieden ist. Dieselben Reagentien sind auch hier anzuwenden<sup>1)</sup>.

Die kurzzelligen Fadenalgen, z. B. Ulothrix, sind für die Beobachtung selbst weniger geeignet, dagegen findet man bei ihnen, sowie auch bei den flächenförmigen Algen sehr häufig in der Theilung be-

<sup>1)</sup> Man vergleiche mein Lehrbuch I. S. 77.

griffene Zellen. Junge Laub- und Lebermoosblätter, desgleichen der gleichfalls aus einer Zellschicht bestehende, noch im Wachsen begriffene Kelch der Jungermannien sind ferner geeignete Objecte, bei welchen man aber das Fortschreiten der Theilung nicht, wie bei den Fadenalgen, unter dem Mikroskop beobachten kann. An allen Orten, wo sich neue vegetative Zellen bilden, begegnet man endlich bei Darstellung zarter Längs- und Querschnitte immer dem Theilungsproceß, doch ist die vollständige Beobachtung desselben auch hier nicht direct, sondern nur durch aufeinander folgende Zustände, nach welchen man suchen muß, auszuführen.

Die reihenförmige Theilung in vier Tochterzellen, welche verhältnißmäßig selten vorkommt, läßt sich am besten an den sogenannten Vierlingsfrüchten der *Corallina* und *Melobesia*-Arten, welche am felsigen Meeresufer vorkommen, beobachten. Nach dem Zerdrücken der durch kohlen sauren Kalk starren und brüchigen Wände der Frucht können die zahlreichen Sporenschläuche mit der Nadel leicht isolirt werden und findet man bei *Corallina* oftmals in derselben Frucht die verschiedensten Zustände der Abschnürung. In den Früchten dieser Alge sind die durch Theilung entstandenen Tochterzellen nur von einer Hautschicht des Protoplasma umgeben, ihnen fehlt die Cellulosemembran (Fig. 24), sie gehören deshalb zu den membran-

Fig. 24.

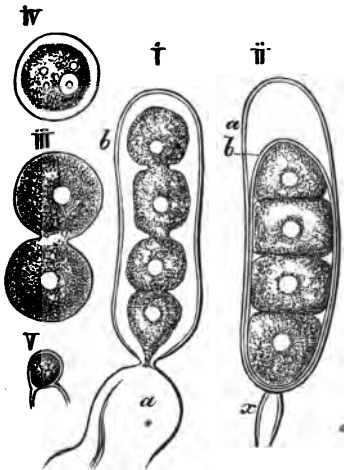


Fig. 25.

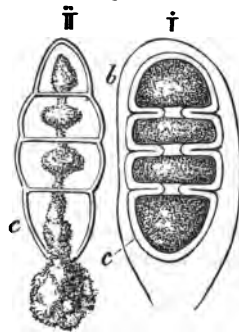


Fig. 24. *Corallina officinalis*. i Ein Sporenschlauch, dessen äußere Membran (a) zurückgeschlagen ist; der körnige Inhalt der zweiten Mem-

losen Zellen (S. 99). Bei *Melobesia* dagegen erfolgt gleichzeitig mit der Theilung des Protoplasma der Mutterzelle auch die Bildung einer aus Zellstoff bestehenden Haut (Fig. 25). Der Theilungsproceß derselben kann also als Typus für die Theilung mit gleichzeitiger Bildung einer Membran um die entstandene Tochterzelle gelten und die Bildung der Scheidewand bei *Chladophora* und *Spirogyra* erklären<sup>1)</sup>.

Die Theilung in vier Tochterzellen übers Kreuz beobachtet man bei der Bildung des Blütenstaubes und bei der Entstehung der Sporen höherer Kryptogamen. Für die Pollenbildung sind die Malvaceen, Onagrarien, Liliaceen, *Viscum* und die Mehrzahl der Pflanzen mit nicht zu kleinem Blütenstaub geeignet, doch muß man sehr junge Blütenknospen, deren Antheren erst kürzlich angelegt sind, wählen. Mittelst zarter Querschnitte durch die ganze Knospe erhält man am besten entsprechende Querschnitte durch die junge Anthere und wird in dem Wasser des Objectträgers häufig schon die Mutterzellen in verschiedenen Stadien der Theilung finden, sich übrigens

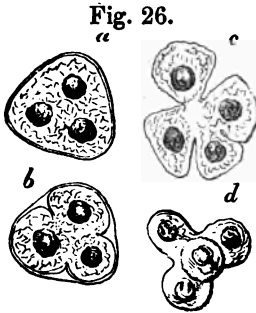
bran (*b*) hat sich der Länge nach in vier noch unter sich zusammenhängende Partien abgeschnürt, deren jede einen centralen Zellkern besitzt. II Ein Sporenschlauch, noch von seiner äußeren Membran (*a*) umhüllt, mit seiner Stielzelle (*x*). Die Abschnürung der Sporen ist hier vollendet. III Zwei aus dem Sporenschlauch herausgetretene Sporen, welche noch mit einander verbunden sind; ein verhältnismäßig seltener Fall, da selbige meistens vollständig getrennt hervortreten. IV Eine Spore, die erst nach der Abschnürung eine Membran, von der sich der Inhalt zurückzieht, erhalten hat. V Kleine Zellen, welche sich zwischen den ausgebildeten Sporenschläuchen und zwar wie diese, am Grunde der Fruchthöhle festsitzend, finden (Vergrößerung 200 mal).

Fig. 25. Sporenschläuche einer wahrscheinlich zur Gattung *Melobesia* gehörigen Algenart. I Ein Sporenschlauch, mit seinem in halbvollbrachter Theilung befindlichen körnigen Inhalt, der, soweit die Abschnürung gediehen ist, von einer breiten, durchsichtigen, farblosen Membran umgrenzt ist, *b* die innere Membran des Sporenschlauches. II Der in Theilung begriffene Inhalt eines anderen Sporenschlauches, aus welchem durch endosmotische Einwirkung des Wassers der körnige innere Theil, noch in der Mitte zusammenhängend, herausströmt (Vergrößerung 400 mal).

<sup>1)</sup> Die membranlosen Tochterzellen der Vierlingsfrüchte von *Corallina* halte ich für weibliche Befruchtungszellen, welche erst nach stattgefundener Befruchtung eine Membran erhalten. Die mit *v* bezeichnete Zelle ist wahrscheinlich die Antheridie, doch sind die Spermatozoiden noch nicht beobachtet.

zu ihrer Isolirung der Nadel und des einfachen Mikroskopes bedienen müssen. Für die Sporenbildung eignen sich junge Fruchtanlagen von *Blasia*, *Pellia* oder *Aneura*, desgleichen von *Anthoceros* besonders. Querschnitte oder behutsames Oeffnen der jugendlichen Frucht mit der Nadel sind hier ausreichend, und findet man bei den beiden zuerst genannten Lebermoosen nicht selten Zustände der Theilung, wie sie auf Fig. 26 *b*, *c* u. *d* dargestellt sind. Bei *Anthoceros* enthält dieselbe Frucht im oberen Theil schon reife Sporen, während im

unteren erst die Theilung in den Mutterzellen, also die Bildung neuer Sporen vor sich geht. Die Wand der Mutterzelle und die primäre Wand der Tochterzellen wird bei der Pollen- und Sporenbildung späterhin aufgelöst. Den Pollenkörnern und Sporen der höheren Kryptogamen fehlt deshalb die eigentliche primäre Zellmembran und besteht ihre Wand aus den später gebildeten Verdickungsschichten allein.



Die freie Zellenbildung studirt man am besten bei der Entwicklung der ersten Zellen zur Bildung des Sameneiweißes im Embryosack der eben befruchteten Samenknospe der Onagrarien, Borragineen, Liliaceen, desgleichen der Nadelhölzer im ersten Frühjahr, lange vor der Befruchtung. Man muß den Embryosack zu isoliren suchen, was am besten aus einer mäfsig dicken durch zwei Schnitte erhaltenen Längslamelle der Samenknospe mit Hülfe der Nadel unter dem einfachen Mikroskope gelingt. Wenn das Wandprotoplasma des Embryosackes dickflüssig ist, wird ein mäfsig dicker Längsschnitt durch den Embryosack selbst am besten zum Ziele führen. In diesem Wandprotoplasma, das häufiger bei Verletzung des Embryosackes mit dem Zellsaft herausfließt, bemerkt man nun freie Zellkerne und glänzende Körnchen, welche im Aussehn und Verhalten den Kernkörperchen der Zellkerne gleichkommen. Man sieht ferner ausgebildete Zellkerne von einem Protoplasmahof umgeben und wieder

Fig. 26. Mutterzellen des Sporen von *Blasia pusilla*. *a* Vor der Theilung des Zelleninhaltes; *b* im Beginn der Theilung; *c* und *d* weiter vorgeschrittene Zustände der Theilung; die erweichte Membran der Mutterzelle hat sich unter blauer Färbung in Chlorzink-Jodlösung aufgelöst (Vergrößerung 400 mal).

andere, die gleichsam in einer wasserhellen, nur am Rande körniges Protoplasma zeigenden, Blase liegen. Bei Anwendung von Zuckerwasser schrumpft in manchen Fällen der Umkreis dieser mit Zellsaft erfüllten Blasen zusammen, in anderen dagegen bleibt eine zarte Membran als Umriss der Blase stehen, von der sich der körnige Inhalt zurückzieht. In noch anderen Fällen ist die Blase so zart, daß sie selbst im Wasser des Objectträgers nach kurzer Frist zergeht. Hier ist es am besten, den Zellsaft des Embryosackes selbst als Medium zu benutzen, was bei den großen Samenknospen einiger Liliaceen (*Fritillaria*, *Ornithogalum*, *Lilium*) ausführbar ist, da Wasser und jede andere Flüssigkeit verändernd auf so zarte Bildungen einwirken; weshalb auch der Vorgang der freien Zellbildung bis jetzt nicht so vollständig und sicher als die Zelltheilung bei den Algen beobachtet ist.

Andere Fälle für freie Zellenbildung gewähren die Sporenschläuche (Sporangien) der Flechten und derjenigen Pilze, deren Thecasporen im Innern dieser Schläuche entstehen; auch möchte die Bildung vieler Schwärmsporen der Algen hierher zu rechnen sein, jedoch geben die genannten Beispiele, weil es bisher nicht gelungen, den Vorgang der freien Zellenbildung in derselben Mutterzelle von Anfang bis zu Ende unter dem Mikroskope zu belauschen, ebensowenig einen klaren Einblick in die Erscheinung.

Bei der Zellenbildung überhaupt ist auf den allmäligen Uebergang der sich bildenden Zellwand aus dem Protoplasma und den damit verbundenen chemischen Veränderungen zu achten; deshalb findet man zuerst eine von letzterem noch wenig verschiedene, in Wasser zergehende Membran, die erst allmählig mehr Festigkeit erhält und ebenso allmählig ein anderes Verhalten gegen chemische Reagentien annimmt. Anfänglich in Essigsäure löslich, ist sie es später nicht mehr, anfänglich durch Chlorzink-Jodlösung nicht blau gefärbt, nimmt sie erst später diese Färbung an; und zwar durch Roth und Violett zum Blau des Zellstoffes übergehend.

Weiter ist bei der Zellenbildung durch Theilung zu beachten, ob und in welcher Weise die Membran der Mutterzelle allmählig sich auflöst. Bei einigen Fadenalgen bleibt sie und liegen deshalb die nach einander entstandenen Zellgenerationen, wie eingeschachtelt, in einander, wofür *Ulothrix* mit kurzen Zellen das beste Beispiel liefert. Allein auch hier verändert sich die Membran der nach ein-



ander untergegangenen Mutterzellen allmählig und bildet später eine homogen erscheinende Hüllhaut, die sich chemisch nicht mehr als Zellstoff verhält. Bei den meisten Pollenkörnern und Sporen der höheren Kryptogamen wird die Membran der Mutterzelle vollständig aufgelöst und nicht weiter verwendet, weshalb die Tochterzellen von Anfang an als freie Zellen erscheinen. Bei anderen Pollenkörnern dagegen wird sie wieder nicht vollständig gelöst oder dient doch als Bindemittel, welches die vier innerhalb einer Mutterzelle entstandenen Tochterzellen mit einander vereinigt (die Orchideen mit Vierlingspollen und mehrere Ericaceen). In allen Geweben endlich wird die Membran der Mutterzelle bei dem Theilungsproceß allmählig verflüssigt und nebenbei chemisch verändert, so daß sie zum Bindemittel für die neuen Zellen untereinander, also zur Intercellularsubstanz wird, was sich bei den Fucaceen am besten nachweisen läßt. Bei der freien Zellenbildung ist der Untergang der Mutterzelle nicht nothwendig.

### C. Untersuchungsgang für die Intercellularsubstanz und die Cuticula.

Da sich die Intercellularsubstanz oder derjenige Stoff, welcher die Zellen des Pflanzenorganismus mit einander verbindet, aus dem Zellstoff der durch die Theilung ihres Inhaltes zur Bildung von Tochterzellen untergegangenen Mutterzelle bildet, so muß man ihr Entstehen da verfolgen, wo solche Theilungen vorgehen und sind deshalb das Cambium der Nadelhölzer und die noch im Wachsthum begriffenen Theile des Laubes der Fucaceen geeignete Objecte. In beiden genannten Fällen, und namentlich bei den Fucaceen, sind die Zellenwände der in der Theilung begriffenen Zellen dicker als gewöhnlich, weshalb dem entsprechend auch die Intercellularsubstanz, die sich aus ihnen bildet, mächtiger vertreten ist. Wo dagegen, wie in den meisten Fällen, die Bildung neuer Zellen in einer bestimmten Region erfolgt, die aus ganz jungen, selbst kürzlich entstandenen und äußerst zartwandigen Zellen besteht, z. B. unter der Stamm- und Wurzelspitze, da läßt sich kaum der Theilungsproceß der Zellen, noch weniger aber die Bildung der Intercellularsubstanz verfolgen; auch pflegt dieselbe in den hier entstandenen Geweben später nur in sehr geringer Menge vertreten zu sein, so daß sie selbst auf zarten Quer-

schnitten sich häufig der mikroskopischen Beobachtung entzieht, wofür das Parenchym im Allgemeinen und namentlich das Sameneiweiß der Dattel, Elfenbeinnuß u. s. w. geeignete Beispiele liefern.

Im Laube der Fucaceen erfolgt die Zelltheilung noch in älteren stark verdickten Zellen, man sieht deshalb auf zarten Querschnitten durch das Laub von *Chordaria scorpioides* und *Fucus serratus*, unter Anwendung von Jod und Schwefelsäure, häufig jüngere, jedoch bereits stark verdickte Zellen mit körnigem Inhalt, deren geschichtete Wand blau gefärbt ist, umgeben von einer gleichfalls geschichteten, fast eben so breiten Schicht, von schmutzig roth-violetter Farbe, welche man für den älteren Theil der Wand halten könnte. Zarte Längsschnitte beweisen dagegen, unter abermaliger Anwendung von Jod und Schwefelsäure, daß dieser äußere violett gefärbte Theil eine ganze Längsreihe von verhältnißmäßig kurzen Zellen umfaßt und folglich die Wand der Mutterzelle darstellt, in welcher durch Quertheilung zahlreiche Tochterzellen entstanden sind. Solche noch von der Wand der Mutterzelle umschlossene Tochterzellen liegen aber ihrerseits nicht frei, sind vielmehr in eine homogene durch Jod und Schwefelsäure sich nicht mehr färbende Substanz eingebettet, welche als Intercellularsubstanz aufzufassen ist, und in diesem Zustande von Schwefelsäure wenig oder gar nicht angegriffen wird. — Da man nun alle Uebergänge findet und zwar so, daß, wenn die Tochterzellen weiter und dickwandiger geworden, die Wand der Mutterzellen allmählig ihre Schichtung verloren und ebenso allmählig ihre chemische Zusammensetzung geändert hat und bald nicht mehr durch Jod und Schwefelsäure die Zellstofffärbung zeigt, ja zuletzt sogar ihre äußere Contour einbüßt, so gewinnt man hier den sichersten Beweis für die Entstehung der Intercellularsubstanz aus der Cellulosewand der Mutterzelle in Folge allmählicher chemischer Veränderungen. Bei *Fucus vesiculosus* scheint neben der Quertheilung der Zellen auch eine Längstheilung vorzukommen und sieht man deshalb auf zarten Querschnitten nicht selten zwei oder drei Tochterzellen von der Wand ihrer Mutterzelle umgeben. Getrocknete *Fucus*-Arten eignen sich, nach mehrstündigem Aufweichen in kaltem Wasser, sehr gut für diese Untersuchung (Fig. 27).

Im Cambium der Nadelhölzer läßt sich das Entstehen der Intercellularsubstanz zwar nicht mit gleicher Sicherheit verfolgen, doch besteht auch hier dieselbe zwischen den eigentlichen Cambiumzellen

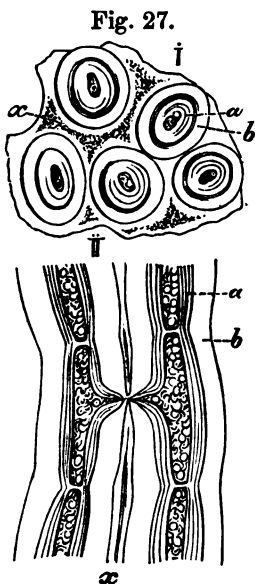
und den allerjüngsten Holzzellen aus Zellstoff, welchen Chlorzink-Jodlösung violett färbt. Mit der allmählichen chemischen Veränderung muß hier noch gleichzeitig ein Erweichungsproceß stattfinden, so daß sich die Cambiumzellen und allerjüngsten Holzzellen auf zarten Längsschnitten durch das Cambium mittelst der Nadel unversehrt von einander lösen lassen, während bei der Ausbildung der Holzzellen später eine Verdichtung und ein Festwerden derselben Substanz erfolgt und nunmehr die Holzzellen durch die ausgebildete Intercellularsubstanz auf das Festeste verbunden sind<sup>1)</sup>. Für diese Untersuchung ist die frische Wurzel, mit weiteren Zellen als der Stamm, geeigneter. Man muß zu verschiedenen Jahreszeiten, im Frühling, im Spätsommer und im Winter, untersuchen.

Die Intercellularsubstanz bildet später mit der primären Membran der Holzzellen das Netzwerk, in welchem bei den Nadelhölzern die Verdichtungsschichten der Holzzellen liegen. Sie ist in nur geringer Menge vertreten

und auf den zartesten Querschnitten durch das Kiefernholz nur an den Stellen, wo sich die vier Nachbarzellen berühren, zwischen der primären Membran dieser Zellen, als den hier entstandenen Intercellularraum ausfüllende Masse, erkennbar, welche durch Anwendung von Salpetersäure eine gelbe Färbung annimmt. Bei sehr gelungenen unmeßbar zarten Querschnitten erkennt man sie außerdem mit den besten Objectivsystemen bei genauer Einstellung als Linie zwischen der primären Membran zweier Nachbarzellen. Das Polarisationsmikroskop zeigt alsdann auf dem schwarzen Felde, bei richtiger Lage des Präparates zu dem unteren NICOL, mit Entschiedenheit diese

Fig. 27. I Partie aus einem zarten Querschnitt durch das Laub von *Chordaria scorpioides*. *a* Die Tochterzelle; *b* die Wand der Mutterzelle, welche sich durch Jod und Schwefelsäure roth färbt; *x* die Intercellularsubstanz, aus früheren Mutterzellen entstanden, die nicht mehr gefärbt wird. II Ein Längsschnitt (Vergrößerung 400 mal).

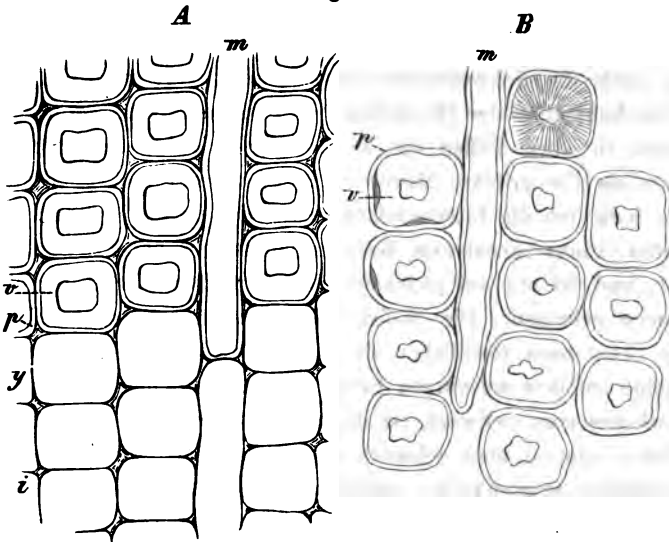
<sup>1)</sup> Der weiche Zustand der sich bildenden Intercellularsubstanz erklärt das Ausgefülltwerden der Räume zwischen den Zellen durch selbige.



schwarze Linie, welche das Netzwerk in zwei Theile zerlegt und mit der den Intercellularraum ausfüllenden Masse, die gleichfalls schwarz erscheint, zusammenhängt. Wenn man ferner sehr zarte Querschnitte desselben Holzes auf der Objectplatte mit chloresaurem Kali und Salpetersäure vorsichtig erwärmt, so wird man aufer dem Holzstoff bei längerer Einwirkung der oxydirenden Mischung auch die Intercellularsubstanz auflösen und dann, neben einander liegend, isolirte Zellen erhalten, welche sehr deutlich die primäre Membran und von derselben umschlossen, die Verdickungsschichten darstellen, und mit sehr guten Objectiven, aufer einer concentrischen Schichtung, noch zahllose, dicht neben einander gestellte, unglaublich feine radienartige Linien, wahrscheinlich Porencanäle, zeigen. Hier wurde also durch das oxydirende Mittel die Intercellularsubstanz selbst entfernt. Wenn man dagegen die Mischung kürzere Zeit, vielleicht 10—20 Sekunden einwirken läßt, so verschwindet nur der Holzstoff und die Intercellularsubstanz bleibt ungelöst zurück. Nicht selten erhält man auch Präparate, wo an der einen Seite die Einwirkung heftiger gewesen und in Folge dessen die Intercellularsubstanz verschwunden ist, während sie an der anderen Seite nicht aufgelöst wurde. Wird nun ein solches Präparat zuerst mit destillirtem Wasser abgespült und darauf demselben, in wenigem Wasser liegend, vorsichtig ein Tropfen englischer Schwefelsäure hinzugefügt, so erfolgt ein Aufquellen und eine Lösung des Zellstoffes, aus dem, nach Entfernung des Holzstoffes, die Wände der Holzzellen bestehen und es bleibt jetzt ein äußerst zartes Netzwerk zurück, welches die Intercellularsubstanz im isolirten Zustande darstellt und genau der schwarzen Zeichnung derselben unter dem Polarisations-Mikroskope entspricht (Fig. 28). Zur Darstellung desselben ist jedoch Uebung und Geduld von Nöthen. Man muß die allerzartesten und gelungensten Querschnitte der Hölzer anwenden, bei dem Erwärmen mit chloresaurem Kali und Salpetersäure sehr vorsichtig sein, da man genau den Zeitpunkt treffen muß, daß aller Holzstoff entfernt ist, aber auch nicht länger erwärmen darf, weil dann die Intercellularsubstanz verschwindet. Ferner darf die Schwefelsäure nur allmählig einwirken, weil bei zu raschem Aufquellen der Holzzellen das Netzwerk der Intercellularsubstanz gesprengt wird. Man muß deshalb die Einwirkung der Schwefelsäure unter dem Mikroskop beobachten und wenn sie zu langsam einwirkt, noch einen zweiten oder dritten Tropfen

hinzufügen; derselbe darf jedoch niemals auf das Präparat selbst, sondern immer nur an die Flüssigkeit, in der es liegt, gegeben werden und muß man endlich, wenn alles nach Wunsch gelungen ist, das

Fig. 28.



Präparat mit Wasser sorgfältig auswaschen, wobei die Bildung einer kleisterähnlichen Substanz, welche durch die Schwefelsäure aus dem Zellstoff entstanden ist, dieser Manipulation, durch Festhalten des Präparates, sehr zu Statten kommt. Das Abspülen der Schwefelsäure geschieht am besten mit einem Haarpinsel bei geneigter Lage der

Fig. 28. *A* Sehr zarter Querschnitt aus dem Holz von *Pinus canariensis*: die obere Hälfte so dargestellt, wie sich derselbe nach einer kurzen Behandlung mit Salpetersäure zeigt, durch welche die Interzellularsubstanz (*i*) gelb gefärbt wird und sich die primäre Membran der Holzzellen (*p*) von den Verdickungsschichten dieser Zellen (*v*) deutlich markiert; die untere Hälfte (*y*) dagegen ist so abgebildet, wie sie nach der Entfernung der Holzzellen durch Schwefelsäure erscheint; die Interzellularsubstanz ist als leeres Netz zurückgeblieben; *m* ein Marktrahl. *B* Ein ähnlicher Querschnitt, aus dem die Interzellularsubstanz durch Einwirkung von Salpetersäure und chloresurem Kali entfernt wurde, so daß die Zellen unverbunden neben einander liegen. Die Verdickungsschichten trennen sich hierbei nicht selten von der primären Membran der Holzzellen, und zeigen an den zartesten Stellen des Schnittes eine äußerst feine strahlenartige Zeichnung (Vergrößerung 200 mal).

Objectplatte, so daß ein Wasserstrom abwärts über dasselbe hinwegfließt. Ist die Säure ausgewaschen, so kann das nunmehr fertige Präparat unter Chlorcalciumlösung in gewöhnlicher Weise aufbewahrt werden; vor seiner Vollendung aber darf es nicht mit einem Deckgläschen belegt werden, auch muß man alles Zerren mit der Nadel vermeiden. Wenn der Holzstoff nicht vollständig entfernt wurde, so wirkt auch die Schwefelsäure unvollständig ein, und es erfolgt nur ein Aufquellen der Holzzellen, aber keine Lösung, desgleichen scheinen in allen Fällen die Verdickungsschichten der Holzzellen leichter als die primäre Membran gelöst zu werden. — In dieser Weise habe ich die Intercellularsubstanz aus dem Holze von *Pinus silvestris*, *Pinus canariensis*, *Buxus sempervirens* und *Viscum album* isolirt, und ist mir auf gleichem Wege ihre Darstellung für einige *Fucaceen* gelungen. Die isolirte Intercellularsubstanz, welche bei *Pinus canariensis* reichlicher als bei *Pinus silvestris* vertreten ist, erscheint auf dem schwarzen Felde des gewöhnlichen Polarisationsmikroskopes ganz schwarz, ist dagegen nach v. MOHL mit dem verbesserten Apparat noch schwach doppelt brechend, sie ist in kalter concentrirter Schwefelsäure unlöslich, wird aber von Aetzkali gelöst. Dieselbe erscheint in ihrer äußeren Umgrenzung verdichteter und mehr gefärbt als im Innern (*Pinus canariensis*).

Die Intercellularsubstanz läßt sich aus nicht verholzten Geweben schon durch kürzeres oder längeres Kochen mit Wasser entfernen, z. B. aus der Kartoffelknolle; sie wird in allen Fällen durch Erwärmen mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure, desgleichen durch Erhitzen mit Chromsäurelösung und endlich durch erwärmte Kalilösung aufgelöst. Bei Anwendung des letztgenannten Reagens ist jedoch ein Aufquellen der aus Zellstoff bestehenden Zellwandung unvermeidlich. Endlich wird noch die Intercellularsubstanz vielfach durch den Vegetationsproceß selbst aufgelöst, wofür die saftigen Früchte der Himbeere, der Johannisbeere und der Kirsche, desgleichen die teigig gewordenen Äpfel und Birnen, ferner die Zellen des leitenden Gewebes im Staubweg zur Zeit der Bestäubung Beispiele liefern. Die Intercellularsubstanz kann also in ihrer chemischen Zusammensetzung verschieden sein.

Wo selbige in sehr geringer Menge vertreten ist, kann man sie nur aus dem Erfolg ihrer Lösungsmittel und durch das Polarisationsmikroskop nachweisen. Ihre Darstellung als zusammenhängendes Netz-

werk, welches die primäre Membran der Zellen umgiebt, beseitigt SANIO'S Einwendungen (bot. Zeitung 1860).

Für die Darstellung der Cuticula als zartes Häutchen, das die Oberfläche eines Pflanzentheiles überzieht, sind die aus einer Zellschicht bestehenden Blätter der Laub- und Lebermoose besonders geeignet. Man löse deshalb solche Blätter von einem älteren Stämmchen, bringe sie auf die Objectplatte in einen sehr kleinen Wassertropfen, bedecke dieselben mit einem Deckglase und lasse dann englische Schwefelsäure einwirken, welche bald die Zellen des Blattes zerstören und nur ein äußerst feines Häutchen, das dieselben umhüllte, zurücklassen wird. Ein ähnliches Häutchen findet sich nun über der Oberhaut fast aller Pflanzentheile, namentlich aber der grün gefärbten und dem Lichte ausgesetzten Organe, ausgespannt. Es zeigt sich auf jedem Querschnitt durch die Oberhaut der Blätter und der primären Rinde und wird wie oben von Schwefelsäure nicht angegriffen; doch kommen bei lederartigen Blättern auch Cuticularschichten vor, welche ebenfalls von der Schwefelsäure nicht zerstört werden und deshalb Irrthum veranlassen können. Durch Kochen mit Aetzkali auf der Objectplatte löst sich indess die Cuticula auf, während die Cuticularschichten, als verkorkte Verdickungsschichten der Oberhautzellen, nur ihren Korkstoff verlieren und aufquellen, dann aber eine deutliche Schichtung zeigen und sich zu Jod und Schwefelsäure wie Zellstoff verhalten, worüber bei der Oberhaut das Nähere nachzulesen ist. Bei allen secernirenden Oberflächen scheint die Cuticula zu fehlen, bei den Wurzelhaaren ist sie nur sehr schwach vertreten, bei vielen Haaren der überirdischen Theile dagegen um so entwickelter. Ihr erstes Entstehen verdankt dieselbe wahrscheinlich der Membran der ersten Mutterzelle des betreffenden Pflanzentheiles, welche, wie zur Bildung der Intercellularsubstanz, chemisch verändert wird; ihrer größeren Masse nach ist sie dagegen ein erhärtetes Secret der Oberhautzellen, deshalb wächst ihre Stärke mit dem Alter dieser Zellen, wofür die Fiederblätter der Cycadeen gute Beispiele geben. Bei den Fadenalgen mit kurzen Zellen, z. B. *Ulothrix*, kann man die Bildung der Hüllhaut oder Cuticula aus ganz allmählig structurlos werdenden und sich ebenso allmählig chemisch verändernden Mutterzellwänden direct verfolgen (S. 114). Sehr elegante Präparate der Cuticula erhält man mit Leichtigkeit aus frischen und ganz reifen Feigen, wo sich dieselbe von den einzelnen Blüten durch

Zerren mit der Nadel unter dem einfachen Mikroskope als zarte Membran sammt den von ihr umhüllten Haaren abziehen läßt.

#### D. Untersuchungsgang für die verschiedenen Zellenarten der höheren Gewächse.

a) Das Urparenchym, oder diejenige Zellenart, aus welcher sich alle übrigen Zellenarten entweder direct oder indirect bilden, findet sich an der Spitze eines jeden mit einer Endknospe abschließenden Zweiges und bildet das Gewebe des Vegetationskegels dieser, sowie jeglicher Knospe; desgleichen erscheint es unmittelbar unter der Wurzelhaube jeder frischen Wurzelspitze. Es besteht aus kleinen zartwandigen, mit körnigem Protoplasma erfüllten, Zellen. Man stellt am besten recht zarte Längsschnitte durch den Vegetationskegel einer frischen Knospe dar und wird dabei die directe Bildung des Markgewebes und desjenigen der primären Rinde, desgleichen des Cambium und der Oberhaut aus dieser Zellenart verfolgen können. Besonders empfehlenswerth sind die größeren Knospen der Holzgewächse, z. B. von *Aesculus*, *Fraxinus*, *Paulownia*, *Araucaria* u. s. w.

b) Das Parenchym im eigentlichen Sinne des Wortes findet sich in allen Theilen der Pflanze; es bildet das Mark und die primäre Rinde der Achsentheile (Stamm und Wurzel), es trennt bei den Monocotyledonen die zerstreuten Gefäßbündel von einander und ist, wenn man die Markstrahlen als Parenchym betrachtet, auch zwischen den Gefäßbündeln im Holz der Dicotyledonen vertreten. In den Blättern und in allen Blüthentheilen bildet es das Hauptgewebe, das nur von den Gefäßbündeln durchsetzt und von der Oberhaut bedeckt wird; sogar das Sameneiweiß ist ein ächtes Parenchymgewebe. Als Parenchymzellen darf man also alle diejenigen Zellen ansprechen, welche nicht den Gefäßbündeln und ebensowenig der Oberhaut und dem Korkgewebe angehören. Das Parenchym hat deshalb die größte Verbreitung und werden in seinen Zellen vorzugsweise die Nahrungs- oder Reservestoffe gebildet und aufgespeichert; auch wird das Chlorophyll fast ausschließlich in ihm gefunden.

Man unterscheidet 1. nach der Gestalt der Zellen: Regelmäßiges Parenchym, dessen Zellen sich unter einander an Größe, Form und Beschaffenheit der Wand nahebei gleich sind. Dahin gehört das Markgewebe der meisten Pflanzen (*Sambucus*, *Tilia*) mit



engen luftgefüllten Intercellulargängen, ferner das Gewebe des Sameneiweißes ohne Intercellulargänge (Triticum, Avena, Melampyrum, Phönix). Desgleichen das Gewebe pallisadenförmig gestellter Zellen an der Seite der Blätter, wo die Spaltöffnungen fehlen (der Oberseite der Blätter von Abies, Quercus, Fagus), ferner das sternförmige Gewebe mit sehr großen luftgefüllten Intercellularräumen (im Marke der Binsenarten) u. s. w.

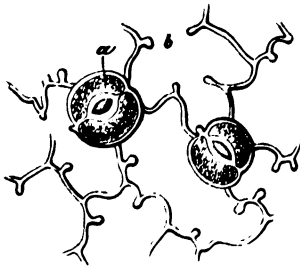
Unregelmäßiges Parenchym, dessen Zellen von ungleicher Gestalt und Größe, desgleichen von unregelmäßiger Anordnung, findet sich als schwammförmiges Gewebe im Blattstiel und in der mit Spaltöffnungen versehenen Seite der Blätter (im Blattstiel von Canna und in der Unterseite der Blätter von Quercus, Fagus, Betula, Alnus). (Die weiten Intercellulargänge sind auch hier mit Luft erfüllt.)

2. Nach der Beschaffenheit der Wandung: Dünnwandiges Parenchym, im Mark von Sambucus, in der Kartoffelknolle und in der Runkelrübe, desgleichen als Sameneiweiß der Getreidekörner. Dickwandiges, nicht verholztes Parenchym als Sameneiweiß von Melampyrum, Phönix und Phythelphas. Dickwandiges verholztes Parenchym in den Concretionen der Birnen und Quitten, in der Samenschale von Pinus, Larix und Taxus, in der Fruchtschale von Hakea, in der secundären Rinde von Fagus und Carpinus u. s. w.

c) Das Oberhautgewebe an der Oberfläche der nicht mit Kork bedeckten Pflanzentheile, besteht meistens nur aus einer Zellschicht. Als Epidermis erscheint es für die vegetativen sich über der Erde befindenden Theile, also für die Blätter und für die grüne Rinde. Dieselbe läßt sich entweder abziehen, oder durch einen Flächenschnitt längs der Oberfläche zur Ansicht von oben gewinnen. Sie kann Haare und Spaltöffnungen besitzen und sowohl aus zartwandigen Zellen (bei den weichblättrigen und leicht welkenden Pflanzen), als auch aus Zellen bestehen, die nach der äußeren Seite hin stärker verdickt und verkorkt sind, während die innere Seite zartwandig ist und aus Zellstoff besteht (bei den lederartigen Blättern von Viscum, Ilex, Phormium und bei den saftigen Blättern der Gasteria), wo die verkorkten Schichten (Cuticularschichten) von zahlreichen, sehr feinen Porencanälen durchbrochen sind. Die Spaltöffnungen der Epidermis bestehen aus zwei dicht neben einander

liegenden Zellen, welche in der Mitte eine offene Spalte zwischen sich lassen (Fig. 29). Man untersucht dieselben durch eine Ansicht von oben und durch einen Schnitt quer durch die Spaltöffnung,

Fig. 29.



welcher am besten zwischen Fliedermark gewonnen wird, indem man entweder das Blatt selbst oder auch die vorher abgezogene Oberhaut in den S. 43 besprochenen Schraubstock bringt. Nach der Ansicht von oben erkennt man bei regelmäßig angeordneten Spaltöffnungen, in welcher Richtung der Schnitt auszuführen ist. Sehr schöne und große Spaltöffnungen be-

sitzen die Farrnkrautblätter, wo sich die Oberhaut der Unterseite leicht mit der Pincette abziehen lässt (*Osmunda*, *Pteris*). Die Spaltöffnungszellen werden immer durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt, während die Cuticularschichten der Oberhaut gelb gefärbt bleiben; die Cuticula zieht sich über die Spaltöffnungszellen hinweg in den luftgefüllten Raum unter der Spaltöffnung hinein, auch dessen Zellen membranartig überkleidend, was durch concentrirte Schwefelsäure nachgewiesen wird, welche die Zellen der Spaltöffnungen und des Blattparenchyms in der Umgebung der Athemhöhle auflöst, so daß die Cuticula als zartes Häutchen zurückbleibt. — Die Haare der Epidermis können einzellig und mehrzellig, einfach oder verzweigt, desgleichen mit einem Zellenknopf versehen sein.

Als Epithelium für alle zartwandigen, nicht vegetativen überirdischen Theile, namentlich für die secernirenden Oberflächen und für die innere Oberhaut der Hohlräume, z. B. des Fruchtknotens und des Staubwegcanals. Die Oberhaut der Narbe mit oder ohne zu Haaren verlängerten Zellen, welche auch Narbenpapillen genannt werden, und die Oberhaut der Blumenblätter gehören hierher, deren Zellen immer zartwandig und niemals verkorkt sind. Auch die Cuticula ist nur zart und bei der mit der Secretion beschäftigten Oberhaut gar nicht vorhanden. Die Spaltöffnungen fehlen desgleichen in der Regel.

Fig. 29. Partie der Oberhaut von *Helleborus*. *a* Eine Spaltöffnungszelle; *b* eine Zelle der Oberhaut (Vergrößerung 200 mal).

Als Epiblema für die Wurzeln und die in der Erde befindlichen der Nahrungsaufnahme aus dem Boden dienenden Theile. Die Zellen sind gleichfalls zartwandig, niemals verkorkt und mit einer sehr zarten Cuticula versehen. Die Wurzelhaare sind verlängerte Zellen dieser Oberhaut; selten verzweigt, bestehen sie immer aus einer einzigen Zelle. Die jungen, noch farblosen oder gelb gefärbten Wurzeln eignen sich am besten für die Untersuchung. Braun gefärbte Theile der Wurzel haben ihre Oberhaut bereits durch Korkbildung unter derselben verloren. Die Spaltöffnungen fehlen. Sehr lange Wurzelhaare zeigen die Wurzeln von *Hydrocharis*, wo selbige schon mit bloßen Augen sichtbar sind (S. 102), dann die Wurzeln der *Solanum*-Arten, ferner *Alnus*, *Quercus* u. s. w. Ohne Wurzelhaare erscheint das Epiblema von *Abies pectinata*, *Monotropa*, *Cicuta*. Man stellt Quer- und Längsschnitte durch die Wurzel dar. Die Oberhautgewebe können nicht ersetzt werden, bei Verletzungen bildet sich statt ihrer Kork; ihre Zellen führen in der Regel andere Stoffe als das Parenchym.

d) Das Korkgewebe, welches die Oberfläche der Pflanzentheile zum Ersatz der abgestorbenen Oberhaut bedeckt, wird nur an älteren Pflanzentheilen gefunden, es erscheint aber auch im Innern eines parenchymatischen Gewebes, z. B. bei der Borkenbildung in der Rinde und bewirkt alsdann ein Vertrocknen des außerhalb der Korksicht liegenden Theiles. Das Korkgewebe besteht im Allgemeinen aus tafelförmigen Zellen, es bildet sich durch Theilung in einer bestimmten Schicht weiter und seine Zellen verkorken frühzeitig und zwar so stark, daß nach der Entfernung des Korkstoffes durch Kochen mit Aetzkali in der zurückbleibenden Wand nur eine sehr schwache Reaction auf Zellstoff erfolgt. Man unterscheidet den gewöhnlichen Kork (*Suber*), den wir am schönsten bei den eigentlichen Korkbäumen (*Quercus Suber*, *Ulmus suberosa*, *Acer campestre*) finden und welcher nur auf der Oberfläche der Rinde wuchert, dessen Zellen außerdem weiter und weniger tafelförmig, dazu dünnwandig sind, von dem Lederkork (*Periderma*) mit engeren tafelförmigen und dickwandigeren Zellen, der, wenn er aus abwechselnden Schichten stark verdickter und dünnwandiger Zellen besteht, in hautartigen Lappen abblättert (bei *Betula*, *Prunus*, *Cerasus*), dagegen aus gleichmäßig verdickten Zellen gebildet, nicht abblättert (*Abies pectinata*, *Fagus silvatica*, *Carpinus*, *Betulus*). Durch *Periderma*-Schichten, welche sich im Innern der Rinde bilden, entsteht die Borke, wofür

*Pinus silvestris* und *Platanus* mit sich ablösenden Borkenschuppen geeignete Beispiele geben, wogegen *Quercus Robur*, *Populus*, *Aesculus* u. s. w. eine nicht abblätternde Borke besitzen, was aus der oben erwähnten Verschiedenheit der Periderma-Bildung erklärt wird. Die eigentlichen Korkzellen verlieren noch früher ihren Zellsaft als die Periderma-Zellen, welche nicht selten mit Harz erfüllt sind und bei *Pinus silvestris* sogar sehr schön ausgebildete Krystalle führen. Die Periderma-Zellen des letztgenannten Baumes und der *Larix europaea* besitzen eine zierliche an die Blattoberhaut der Farrnkräuter erinnernde Gestalt. Man untersucht das Korkgewebe durch Längs- und Querschnitte und wird für den Nachweis der Borkenbildung in der Rinde eine vergleichende Untersuchung ganz junger und allmählig älterer Zweige nothwendig. Die Zellen des Periderma isolirt man durch Kochen mit Aetzkalklösung. Bei andauerndem Kochen mit chlorsaurem Kali und Salpetersäure wird das Korkgewebe in eine wachsartige Masse verwandelt.

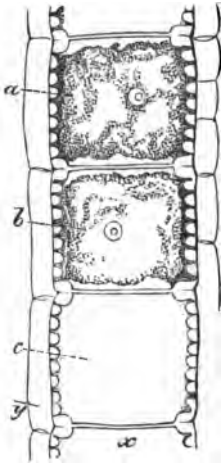
e) Das Cambium ist ein zartwandiges, niemals verholztes Gewebe, welches als eigentliches Cambium zunächst der Zellvermehrung dient, als Dauer-Cambium aber für die Saftbewegung in der Pflanze thätig ist. Das eigentliche Cambium läßt sich bei den Dicotyledonen weiter als ein Cambium der Gefäßbündel und ein Cambium der Markstrahlen unterscheiden. Das erstere besteht aus senkrechten Zellen, die sich wieder senkrecht theilen und aus welchen nach der Seite des Holzes die Gefäß- und Holzzellen und nach der Seite der Rinde die Siebröhren und Bastzellen entstehen, das aber auch fähig ist, eine wagerechte Theilung einzugehen und neue Markstrahlen (secundäre Markstrahlen) zu bilden. Das Cambium der Markstrahlen dagegen besteht aus wagrechten Zellen und bildet durch senkrechte Theilung Markstrahlzellen; es ist nicht fähig jemals Gefäßbündelzellen zu erzeugen. Das Cambium der Gefäßbündel erscheint nun mit dem Cambium der Markstrahlen als zusammenhängender Ring zwischen Holz und Rinde, als Cambium- oder Verdickungsring, welcher in der Keimachse reifer Samen aus langgestreckten Cambiumzellen besteht, die sich erst später in Gefäßbündel und Markstrahlcambium differenciren; dasselbe gilt für die Knospe. Man untersucht das Cambium der Dicotyledonen mittelst Darstellung sehr zarter Querschnitte und Längsschnitte und zwar sind letztere sowohl mit der Richtung als gegen die Richtung des

Markstrahls zu führen. Die Schnitte müssen sehr zart sein, was nur durch ganz scharfe Messer und viel Geduld zu erreichen ist. Grofszellige Pflanzen eignen sich für die Untersuchung am besten, weshalb wieder die Wurzel von Pinus, Abies, Picea u. s. w. den Vorzug verdient. In manchen Fällen kann es zweckmäfsig sein, den zu untersuchenden Pflanzentheil einige Stunden in Alcohol zu legen und darauf, mit Alcohol benetzt, zu schneiden; das zarte Cambiumgewebe gewinnt durch den Weingeist an Festigkeit, und wird man zur Aufhellung und zur Entfernung des geronnenen Protoplasma Aetzkali anwenden können. Im Winter besteht das Cambium der genannten Bäume nur aus wenigen Zellschichten und wird nach der einen Seite vom Holz, nach der anderen von der Rinde scharf begrenzt; im Sommer dagegen ist keine scharfe Grenze vorhanden, da nach der einen Seite die Cambiumzellen zu neuen Zellen des Holzes, nach der anderen aber zu neuen Zellen der Rinde werden. Bei den Monocotyledonen und den Stammkryptogamen, mit Ausnahme der Moose und Lebermoose, findet man zwar gleichfalls einen Cambium- oder Verdickungsring, welcher die Rinde von dem inneren Theil des Stammes oder der Wurzel scheidet, dieser aber dauert nur so lange, als sich die Theile wirklich verdicken. In ihm erfolgt bei den Monocotyledonen die Vermehrung der Gefäfsbündel, letztere selbst aber wachsen nicht mehr durch den Verdickungsring im Umfange, bleiben vielmehr, wenn sich aus ihren Cambiumzellen die betreffenden Gefäfs-, Holz- und Bastzellen gebildet haben, unverändert und behalten einen Theil ihres Cambium als Dauercambium (*vasa propria*), welches bei den Monocotyledonen in der Mitte des Gefäfsbündels von den Gefäfszellen, Holzzellen u. s. w. umschlossen liegt, bei den Kryptogamen dagegen die Gefäfszellen umgiebt. Als Untersuchungsobjecte sind Quer- und Längsschnitte durch Stämme von Dracaenen, Palmen, Gräsern und Farrnkräutern besonders geeignet. Die Wurzel dieser Pflanzen hat einen vom Stamm etwas abweichenden Bau und zeigt das Dauercambium nicht immer so deutlich und scharf umgrenzt. Alle Cambiumzellen werden durch Jod und Schwefelsäure, desgleichen durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt, alle sind reich an körnigem Protoplasma, führen aber niemals Stärkmehl.

f) Die Gefäfszellen, welche direct aus den Zellen des Gefäfsbündelcambiums hervorgehen, bilden einfache Reihen der Länge nach über einander stehender Zellen, deren Scheidewände, sobald die

Zellen ihren Saft verlieren, mit verschwinden. Alle jungen und alle saftführenden Gefäße zeigen vollkommen erhaltene Scheidewände, welche bei *Fraxinus*, *Carica* und bei der Wurzel von *Equisetum* leicht nachzuweisen sind (Fig. 30), von diesen Scheidewänden schwindet später der nicht verholzte Theil und unterscheidet man deshalb Gefäße,

Fig. 30.



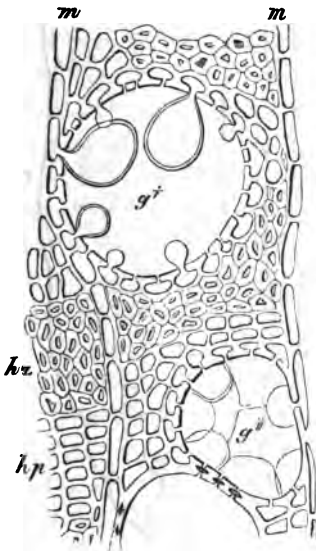
deren Scheidewände von einem runden Loch durchbrochen sind (*Tilia*, *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Acer*, *Fraxinus*) von solchen mit leiterförmig durchbrochener Scheidewand, wo die stärker verdickten und verholzten Theile nicht resorbirt sind (*Alnus*, *Corylus*, *Betula*, *Buxus*, *Vaccinium*). Spiral- und Ringgefäße finden sich überall in den Blattnerven und in den Gefäßbündeln jugendlicher, sich noch verlängernder Theile; ihre Bildung hört indefs mit dem vollendeten Längswachsthum auf. Man findet sie deshalb überall in der Markscheide oder der Grenze des Markes zum Holzring bei

den Dicotyledonen, die Nadelhölzer nicht ausgenommen. Den schönsten und weitesten Spiralgefäßen begegnen wir in den Blattstielen der Musaceen und Canneen, wofür man am besten Längsschnitte darstellt, auch durch Kochen mit chloresaurem Kali und Salpetersäure die Gefäße isolirt. Den Uebergang vom Spiralgefäß zum netzförmig verdickten Gefäß findet man in der Wurzel von *Equisetum*, wo ein solches Gefäß von ungewöhnlicher Weite das Centrum des Gefäßbündels einnimmt. Netzförmig verdickte Gefäße von besonderer Schönheit sind wieder im Stengel von *Impatiens*, *Balsamina* und anderen saftigen Pflanzen zu suchen und getüpfelte Gefäße endlich in fast allen Hölzern zu finden. Von ungewöhnlicher Weite erscheinen die letzteren im Frühlingsholz der Eiche und Kastanie, ferner bei den tropischen Schlingpflanzen (*Ipomaea tuberosa*, *Bauhinia*,

Fig. 30. Ein noch saftführendes, netzförmig verdicktes und getüpfeltes Gefäß von *Carica Papaya* im Längsschnitt. In den Zellen *a* und *b* hat sich die Hautschicht des Protoplasma zusammengezogen, der Zellkern ist sehr deutlich; *c* ist ohne Inhalt gezeichnet; *x* die Scheidewand, welche aus zwei Platten besteht, was oftmals sichtbar wird; *y* die das Gefäß umgrenzenden Zellen (Vergrößerung 100 mal).

Caulotretus, Serjania), mit verhältnißmäßig großen Tüpfeln bei Carpinus, Juglans und den Laurus-Arten, mit sehr kleinen Tüpfeln dagegen bei Betula und Alnus; mit Tüpfeln und einem deutlich entwickelten Spiralband bei Tilia, Prunus und Carpinus; mit Tüpfeln und netzförmiger Verdickung bei Cucurbita und Carica Papaya. Die Treppengefäße besitzen in wagrechter Richtung gestreckte Tüpfel und finden sich im Holze von Vitis und im Gefäßbündel der Farrnkräuter, namentlich aber der Baumfarrn. — Mit Harz oder Gummi erfüllte Gefäße trifft man im alten Mahagoni- und Polysanderholz, ferner im alten Holze baumartiger Chenopodiaceen. Alte Gefäße von einer Zellenbildung, die aus den lange ihren Saft behaltenden Nachbarzellen stammt und die man Tillen nennt, occupirt, erscheinen im alten Holze der Eiche, desgleichen bei den Leguminosen, bei Cucurbita und den tropischen Schlingpflanzen (Fig. 31). Pilzfäden sind

Fig. 31.



in den alten Gefäßen vieler Hölzer sehr gewöhnlich. Der verdickte Theil der Wand der Gefäßzellen ist immer verholzt. Das Spiralband läßt sich häufig von der primären Wand der Spiralgefäße ablösen (Musa), in den meisten Fällen ist es dagegen mit ihr aufs innigste verbunden.

g) Die Holzzellen, welche gleichfalls direct und zwar durch Längstheilung aus dem Gefäßbündelcambium hervorgehen, erscheinen als langgestreckte, mehr oder weniger verdickte, an beiden Enden zugespitzte Zellen. Dieselben sind meistens getüpfelt und zwar, wenn sich zwei Holzzellen oder eine Holzzelle und Gefäßzelle berühren, nachdem der Zellsaft aus beiden

Fig. 31. Querschnitt durch das Holz von Robinia viscosa. *m* u. *m* Markstrahlen; *hp* Holzparenchym; *hz* Holzzellen; *g*<sup>1</sup> ein Gefäß, in welches von Seiten des Holzparenchyms und der Markstrahlzellen blasenartig kleine Zellen. (Tillen) durch die hier vormals verschlossenen Tüpfelcanäle hineingewachsen sind; *g*<sup>2</sup> ein anderes Gefäß, in welchem solche Zellen sich bereits zu einem Gewebe angeordnet haben (200 mal vergrößert).

verschwunden ist, mit offenen Tüpfeln versehen. Seltener zeigt ihre Wand gewöhnliche Poren (bei *Boehmeria* und überhaupt in den wenigen Fällen, wo sie länger den Zellsaft bewahren und Stärkmehlkörner enthalten). Die Nadelhölzer, deren Holz keine Gefäße besitzt, haben die weitesten Holzzellen, und zeigt sich bei ihnen der Unterschied zwischen den im Frühling und den im Herbst gebildeten Zellen, durch welchen die Jahresringe der Coniferen entstehen, am deutlichsten. HARTIG nennt die im Frühjahr entstandenen weiteren und weniger verdickten Holzzellen, Rundfasern, und bezeichnet die im Herbst gebildeten, in der Richtung der Markstrahlen nicht ausgedehnten und deshalb auf dem Querschnitt tafelförmig erschein-

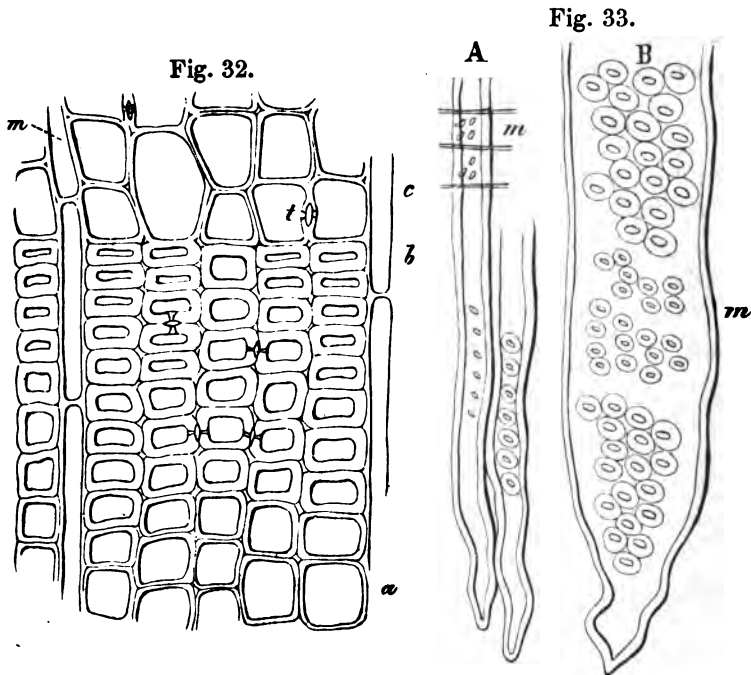


Fig. 32. Querschnitt durch das Holz der Fichte (*Picea vulgaris*). *a* Die im Sommer entstandenen Holzzellen, welche allmählig in das Herbstholz *b* übergehen, dessen scharfe Grenze zwischen *b* u. *c* einem Jahresringe entspricht; *m* Markstrahlen; *t* Tüpfel (Vergrößerung 200 mal).

Fig. 33. *Araucaria brasilensis*. *A* Isolirte Holzzellen aus dem Stamm. *B* Isolirte Holzzellen aus der Wurzel desselben Baumes; *m* der Ort, wo Markstrahlzellen diese Holzzellen berührten (Vergrößerung 200 mal).



nenden, viel stärker verdickten Holzzellen als Breitfasern. Ich unterscheide sie als Frühlings- und Herbstzellen; auf die letzte Reihe der zuletzt genannten folgt immer die erste Reihe der Frühlingszellen des folgenden Jahres und damit ist die Grenze des Jahresringes gegeben (Fig. 32). Im Frühlingsholz sind die Tüpfel häufiger und nur nach der Richtung der Markstrahlen vorhanden; man sieht deshalb bei der Betrachtung des radialen Längsschnittes von oben auf sie herab, findet sie dagegen auf dem tangentialen Längsschnitt durchschnitten. Im Herbstholz erscheinen die Tüpfel dagegen, obschon viel sparsamer, auch in der anderen Richtung vertreten, was durch den Querschnitt nachzuweisen ist. Im Holz des Stammes findet sich immer nur eine Tüpfelreihe, im Wurzelholz dagegen sind die zwei- bis viermal so weiten Holzzellen, ihrer größeren Weite entsprechend, auch mit 2—4 Tüpfelreihen versehen (Fig. 33). Für die Entwicklungsgeschichte der Holzzelle, sowie ihrer Tüpfel eignet sich deshalb das Wurzelholz der Coniferen am besten<sup>1)</sup>. Tüpfel und Spiralband finden sich in den Holzzellen von *Taxus* und *Vitis*, desgleichen im Herbstholz von *Picea*. Spaltenförmige, in spiralförmiger Anordnung auftretende Poren zeigen die Holzzellen von *Hernandia Sonora* auf dem tangentialen Längsschnitt. Alle getüpfelten Holzzellen verlieren frühzeitig ihren Zellsaft, sie gleichen hierin den Gefäßzellen, mit welchen sie überhaupt die nächste Verwandtschaft besitzen, was unter anderem auch durch die, bei tropischen Hölzern, nicht selten vorkommende Gestalt, wo die Mitte der Zelle einer Gefäßzelle, die beiden Enden dagegen einer Holzzelle entsprechen, bewiesen wird (Fig. 13g. S. 92). Die alten Holzzellen vieler Nadelhölzer füllen sich später mit Harz.

Wenn kürzlich angelegte Holzzellen durch Quertheilung Tochterzellen bilden, so entsteht das Holzparenchym (HARTIG'S Zellfaser), welches namentlich in allen Laubhölzern vorkommt und in der Regel die Gefäße umgibt, aber auch häufig zwischen den eigentlichen Holzzellen in bestimmter Weise vertheilt auftritt. Seine Zellen sind immer viel kürzer als die Holzzellen und gleichen einem in senkrechter Richtung verlängerten Parenchym, die Wände sind in der Regel schwächer verdickt als die Holzzellen und statt der Tüpfel mit Poren versehen. Auf dem Querschnitt ist das Holzparenchym

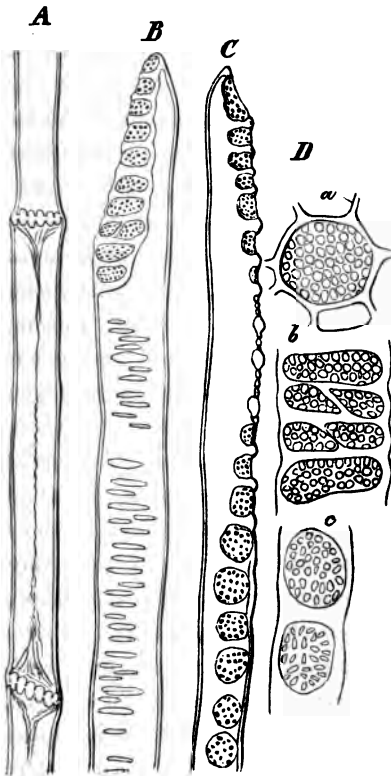
<sup>1)</sup> SCHACHT, de maculis (Tüpfel). in plantarum vasis etc. Bonnae 1860.

nicht immer von den Holzzellen zu unterscheiden. Im Holz der Nadelhölzer findet es sich in der Umgebung der Harzgänge und zwar meistens unverholzt (bei *Pinus canariensis*) und erscheint da, wo die Harzgänge fehlen in vereinzelt auftretenden Reihen, und zwar häufig mit Harz erfüllt (*Thuja*, *Cupressus*, *Araucaria*). Das Holzparenchym behält seinen Zellsaft Jahre lang; durch dasselbe und durch die Markstrahlen bleibt das Holz vieler Bäume noch viele Jahre lebendig, in seinen Zellen bildet sich auch vielfach Stärkmehl (bei *Quercus*, *Fagus*, *Tilia* u. s. w.), und in ihm kommen nicht selten Krystalle vor (*Antiaris toxicaria*); Harze und Farbstoffe sind desgleichen sehr häufig in ihnen vorhanden (Mahagoni- und Polysanderholz, sowie sämtliche Farbehölzer). Zur Untersuchung der Holzzellen und des Holzparenchyms sind Querschnitte und Längsschnitte in radialer und tangentialer Richtung nöthig, auch darf die Betrachtung der durch Salpetersäure und chlorsaures Kali isolirten Zellen nicht unterlassen werden, wobei man häufig noch die Wand der Mutterzelle für eine Reihe von Holzparenchymzellen erhalten vorfindet. (Fig. 12 *hp.* S. 92.)

h) Die Siebröhren, lange, nur schwach verdickte und niemals verholzte Zellen im Basttheil des Gefäßbündels, die wahrscheinlich direct aus den Cambiumzellen hervorgehen und durch eine eigenthümliche siebähnliche Anordnung der Porencanäle an bestimmten Orten ausgezeichnet sind. Nach dem Auftreten der Siebporen lassen sich drei Formen unterscheiden: 1. mit Siebporen auf der wagrecht stehenden Querwand (*Cucurbita*, *Carica Papaya*); 2. mit Siebporen auf der schief stehenden Querwand zwischen leiterförmigen Verdickungen der Wand (*Bignonia*, *Ipomoea tuberosa*); 3. mit Siebporen auf der Längswand, welche in Reihen vorkommen, die an Größe und Gestalt etwa dem äußeren Kreise des Tüpfels der Holzzellen entsprechen (*Pinus*, *Larix*, *Wellingtonia*, *Araucaria*) (Fig. 34). Die Siebröhren können leicht übersehen werden und sind erst im Jahre 1853 von Th. HARTIG entdeckt, man findet die beiden letzten Formen am besten auf zarten Längsschnitten in der geeigneten Richtung, nach welcher man bei der einzelnen Pflanze suchen muß (bei *Ipomoea tuberosa* auf dem Tangentialschnitt durch die Rinde, bei *Bignonia* auf dem Radialschnitt, ebenso bei *Araucaria brasiliensis*, wo sie im Wurzelholz besonders schön entwickelt sind; bei *Wellingtonia* findet man sie braun gefärbt im radialen Längsschnitt durch die Borke). Bei *Cucurbita*

und Carica sieht man die Siebporen selbst am besten auf dem Querschnitt in dem Basttheil der Gefäßbündel, sie sind hier mit einem dicken Schleim bedeckt, welcher durch Anwendung von Aetzkali

Fig. 34.



entfernt werden kann. NÄGELI hat für Cucurbita in den Siebporen wahre Löcher nachgewiesen und außerdem gezeigt, daß sie nach Umständen sowohl einen Saftstrom nach abwärts als nach aufwärts führen können<sup>1)</sup>. Bei den Abietineen, wo die wirklichen Bastzellen fehlen, erscheinen die Siebröhren zwischen dem Bastparenchym in regelmäßiger Anordnung. Sie lassen sich wegen der weichen Beschaffenheit ihrer Wandungen schwer isoliren, können auch keinen Druck vertragen und werden durch Aetzkali noch mehr erweicht.

i) Die Bastzellen sind langgestreckte und häufig stark verdickte, auch späterhin mehr oder weniger verholzte Zellen im Basttheil der Gefäßbündel, welche nach beiden Seiten mit einer Spitze endigen. Ihre Länge ist

Fig. 34. Die drei typischen Formen der Siebröhren. A Aus Cucurbita Pepo; die Querwände sind von einer dicken Schleimschicht bedeckt, die oftmals Schichtung zeigt und fadenartig das Centrum der Zellen durchzieht. B Aus einer nicht bestimmten Bignonia. C Aus der Wurzel von Araucaria brasiliensis. Alle drei bei 200maliger Vergrößerung. a Die Querwand von A, von oben gesehen; b Theil der schief stehenden Wand von B; c zwei Siebporen der Seitenwand von C. Alle drei bei 400maliger Vergrößerung.

<sup>1)</sup> NÄGELI, Botanische Mittheilungen S. 1—27. München 1861. Ich kann NÄGELI'S Angaben nur bestätigen, finde aber die sehr feinen Durchbohrungen der Wand immer mit dickem Schleim verstopft, so daß sie nicht als wahre Löcher wirken können. Der Schleim hält die Carminlösung fast zurück.

sehr verschieden; sehr kurz erscheinen dieselben in der Rinde von *Coffea*, sehr lang dagegen bei denjenigen Pflanzen, deren Bast zu Stricken und Geweben Verwendung findet (*Linum*, *Cannabis*). Die Bastzellen besitzen feine Porenkanäle und sind ihre Verdickungsschichten in den meisten Fällen gestreift, und zwar oft in den auf einander folgenden Richtungen in verschiedener Weise (*Vinca*, *Asclepias*, *Bignonia*), was sich jedoch häufig erst bei dem Aufquellen der durch chloresaures Kali und Salpetersäure isolirten Bastzelle unter Jod und Schwefelsäure oder Chlorzink-Jodlösung nachweisen läßt (*Cannabis*, *Rhizophora*). Verzweigte Bastzellen finden sich bei *Pereskia* und *Rhizophora*, auch sind dieselben beim Hanf oftmals an der Spitze getheilt. Die Entstehung der Bastzellen ist noch nicht vollständig aufgeklärt, sie scheint auch nach der Beschaffenheit und Anordnung derselben innerhalb gewisser Grenzen verschieden zu sein, so daß einige Bastzellen direct aus den Cambiumzellen, andere dagegen erst indirect aus denselben hervorgehen; desgleichen mögen die kurzen Bastzellen schon ursprünglich aus einer Zelle bestehen, die sehr langen dagegen durch Verschmelzung mehrerer senkrecht über einander stehender Zellen gebildet werden. Durch eine derartige Verschmelzung entstehen nämlich die Milchsaftgefäße, welche im einfachsten Falle als langgestreckte, unverzweigte Milchsaft führende Bastzellen bezeichnet werden können (bei *Vinca* und *Asclepias*), die aber häufiger als sehr lange, vielfach nach der Seite hin verzweigte Schläuche vorkommen (bei den Euphorbiaceen und den *Ficus*-Arten). Nicht selten erscheint die Verzweigung erst in den Blättern, während im Stamm und zwar meistens sowohl in der Rinde als im Marke unverzweigte Milchsaftschläuche auftreten. Endlich können letztere auch, durch Verschmelzung zahlreicher über einander stehender Zellen und durch Bildung seitlicher Verlängerungen in den Intercellularraum des umgebenden Parenchyms hinein, zu einem zusammenhängenden, alle Theile der Pflanze durchziehenden, Netzwerk werden, welches als Theil des Gefäßbündels dasselbe überall in bestimmter Weise begleitet und noch zwischen den einzelnen Gefäßbündeln durch die im Intercellularraum verlaufenden zarteren Seitenzweige Verbindungen herstellt (bei *Carica* *Papaya* und bei den Cichoraceen, z. B. *Leontodon*, *Lactuca* u. s. w.). Bei *Carica* läßt sich das Gefäßsystem am besten aus der reifen Frucht vorsichtig isoliren, und bei den Cichoraceen stellt man es am leichtesten aus der Wurzel dar. Die

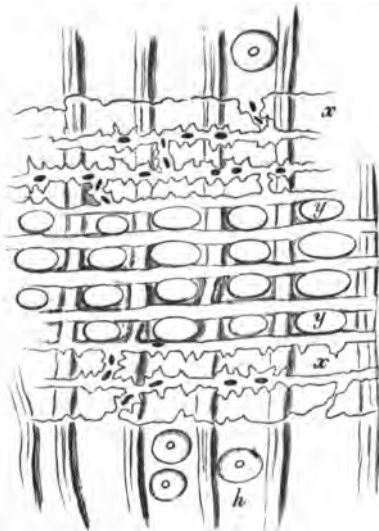
Wände der Milchsaftegefäße sind niemals verholzt. — Wenn sich in der kaum angelegten Bastzelle Quertheilungen bilden und somit in ihr eine Reihe von Tochterzellen entsteht, so erhalten wir das Bastparenchym, welches im Rindentheil jedes Gefäßbündels vorkommt; und wenn es zartwandig und unverholzt bleibt, sich bei den meisten ausdauernden Pflanzen im Herbst mit Stärkmehl anfüllt. In diesem Bastparenchym finden sich die Krystalle, an denen die Rinden so reich sind. Dickwandiges und verholztes Bastparenchym sehen wir in verschiedener Anordnung in der Rinde von *Fagus*, *Platanus*, *Betula* und *Alnus* und ist für die genauere Kenntniss des Bastparenchyms eine Behandlung der Rinden mit chloresaurem Kali und Salpetersäure nothwendig, wo man nicht selten, wie beim Holzparenchym, die Wand der Mutterzelle noch erhalten und in derselben das Bastparenchym als eine Reihe von Tochterzellen antrifft. Die secundären Bastzellen endlich sind solche Bildungen, welche sich in der jungen Rinde nicht finden, dagegen nach einigen Jahren in der nicht absterbenden Rinde als dickwandige und verholzte Zellen von sehr verschiedener Gestalt erscheinen und deren Entwicklungsgeschichte noch unbekannt ist. Sie sind bis jetzt nur bei den Abietineen, bei welchen die eigentlichen Bastzellen fehlen und durch eigenthümlich gebaute Siebröhren ersetzt sind (S. 133), gefunden und erscheinen bei *Larix* als vereinzelt, lange, an beiden Enden zugespitzte, Zellen, welche den Bastzellen der Chinarinde ähnlich sind; bei *Abies pectinata* dagegen als kurze, unregelmäßig verzweigte, in Gruppen beisammenliegende Zellen, deren wahre Gestalt erst nach der Isolirung kenntlich wird, und bei *Picea vulgaris* endlich als kurze, einem sehr dickwandigen und verholzten Parenchym entsprechende, Zellen. Bei *Pinus silvestris*, mit frühzeitiger Borkenbildung, fehlen dieselben<sup>1)</sup>.

k) Die Markstrahlzellen entstehen entweder direct aus dem Markstrahlcambium des Verdickungsringes der Dicotyledonen oder indirect durch wagrechte Theilung einer Gefäßbündel-Cambiumzelle (bei der Bildung neuer secundärer Markstrahlen). Sie sind in der Regel wagrecht gestreckt und sowohl mit Poren als auch mit Tüpfeln versehen, doch beschränken sich die letzteren nur auf das Holz und sind als offene Tüpfel auch nur in den oberen und unteren Markstrahl-

<sup>1)</sup> Bei einigen Pflanzen erscheinen auch in der primären Rinde bastähnliche Zellen (*Ephedra*); ebenso finden sich bei den *Allium*-Arten (nach J. HANSTEIN) Milchsaftegefäße, welche unabhängig von den Gefäßbündeln sind.

reihen von Pinus bekannt (Fig. 35). Die Markstrahlzellen sind in der Regel nur zartwandig und nach der Seite des Holzes verholzt, in der Rinde dagegen unverholzt. Sie führen wie das Holz- und Bastparenchym Nahrungs-

Fig. 35.



stoffe, sind zur Herbstzeit in den meisten Bäumen mit Stärkmehl erfüllt, enthalten desgleichen häufig Krystalle (Buxus), führen auch Farbstoffe und Harze und bleiben viele Jahre lang lebendig. — Das Markstrahlgewebe kann auch als Parenchym betrachtet werden, welches in regelmäßiger Anordnung zwischen den Gefäßbündelzellen auftritt und gewissermaßen die Gefäßbündel durchsetzt; wir würden es in dieser Anschauungsweise mit dem Parenchym vergleichen dürfen, welches bei den Monocotyledonen die auf dem Querschnitt zerstreut erscheinenden Gefäßbündel umgibt, sich auch bei denjenigen Pflanzen, welche einen holzigen Stamm besitzen, stärker verdickt und verholzt (bei den Palmen und Dracaena-Arten).

gleichem dürfen, welches bei den Monocotyledonen die auf dem Querschnitt zerstreut erscheinenden Gefäßbündel umgibt, sich auch bei denjenigen Pflanzen, welche einen holzigen Stamm besitzen, stärker verdickt und verholzt (bei den Palmen und Dracaena-Arten).

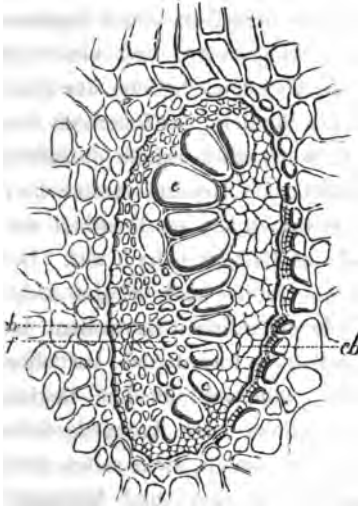
### E. Untersuchungsgang für die Gefäßbündel.

Die Gefäßbündel bestehen nach dem Vorhergehenden aus verschiedenen Zellenarten, welche entweder direct oder indirect aus Cambiumzellen hervorgegangen sind, das Wesentlichste im Gefäßbündel ist deshalb das Cambium und wird die Lage desselben zu den übrigen Theilen für die Fortbildungsweise und somit auch für

Fig. 35. Längsschnitt durch das Kiefernholz, dem Markstrahl parallel geführt. *h* Getüpfelte Holzzeile des Frühlingsholzes; *y* die mittleren Markstrahlzellen mit großen verschlossenen Tüpfeln; *x* die äußeren Markstrahlzellen, mit kleinen später offenen Tüpfeln und zierlicher Verdickung (200 mal vergrößert).

den Charakter der Gefäßbündel wichtig. Man muß deshalb durch Querschnitte und Längsschnitte des Stammes zuerst die Zusammensetzung der Gefäßbündel aus bestimmten Zellenarten und die Anordnung dieser zu einander erforschen. Auf solche Weise wird man im Stamm der Laubmoose und einiger Lebermoose (*Diplolaena*, *Metzgeria*) einen centralen Strang dünnwandiger, langgestreckter Zellen als erste Andeutung eines Gefäßbündels finden, bei den Equisetaceen dagegen schon entwickelte Spiral- und Ringgefäße und namentlich in der Mitte eines jeden noch jugendlichen Bündels ein sehr weites spiral- oder netzförmig verdicktes Gefäß antreffen, welches später durch Resorption verschwindet und einen Luftgang im Gefäßbündel zurückläßt. Bei den Farrnkräutern und Lycopodiaceen erscheinen darauf, außer den Spiralgefäßen als spätere Bildungen auch Treppengefäße, welche im Stamme der Baumfarn am schönsten ausgebildet sind. Die Anordnung des Dauercambium (*vasa propria*) um die Gefäßzellen ist nach den Pflanzen verschieden und bedürfte vielfach, wie diese Cambiumzellen selbst, noch recht genauer

Fig. 36.



Untersuchungen (Fig. 36). Wirkliche Holzzellen, Siebröhren und Bastzellen sind bis jetzt im Gefäßbündel der Kryptogamen nicht gefunden, und müssen die verholzten Zellen, welche die dunkel gefärbte Gefäßbündelscheide der baumartigen Farrnkräuter bilden, als verholztes Parenchym aufgefaßt werden. Bei den Monocotyledonen liegt das Dauercambium (die *vasa propria*) mehr oder weniger in der Mitte des Gefäßbündels und ist von Gefäßzellen aller Art, desgleichen von langgestreckten, an beiden Enden zugespitzten, stark verdickten und verholzten Zellen rings um-

Fig. 36. Querschnitt durch ein Gefäßbündel des Wedels vom Adlerfarn (*Pteris aquilina*). *cb* Cambiumzellen; *e* weite Treppengefäße; *f* enge, spiralförmig verdickte Gefäße (150 mal vergrößert).

geben (Fig. 37), welche man bald als Holzzellen, bald als Bastzellen anspricht. Bei den meisten Palmen liegt ein größeres Bündel solcher Zellen an der, der Peripherie des Stammes zugewendeten Seite, und wird in diesem Falle als Bastbündel bezeichnet, während andere

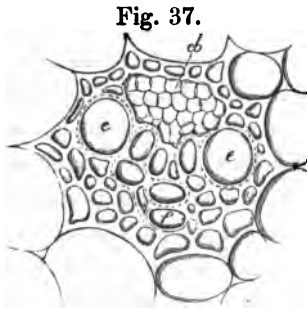


Fig. 37.

verholzte Zellen, die nach der anderen Seite hin mit den Gefäßen das Dauercambium umgeben, als Holzzellen aufgefaßt werden. Die Unterscheidung zwischen Holz- und Bastzellen ist jedenfalls für die Monocotyledonen nicht so scharf als für die Dicotyledonen, wo der Holztheil vom Basttheil des Gefäßbündels durch das Cambium getrennt ist. Bei Calamus und Bactris zeigt der Quer-

schnitt eines jeden Gefäßbündels zwei von einander getrennte Cambiumgruppen. Bei den Palmen und baumartigen Aroideen, desgleichen bei Pandanus kommen in der Rinde Bastbündel vor, die mit den aus der Mitte des Stammes kommenden Gefäßbündeln in das Blatt hinübertreten. Im Gefäßbündel der Dicotyledonen endlich fehlt den Gefäßbündeln ein Dauercambium, das Cambium derselben bildet dagegen einen ganz bestimmten Theil des Verdickungsringes und bleibt in den normalen Fällen fortdauernd für das Dickenwachsthum des Bündels thätig; es scheidet den Holztheil des Bündels, der innerhalb des Verdickungsringes liegt, vom Basttheil, welcher außerhalb desselben erscheint und die secundäre Rinde bildet. Im Holztheil treten hier die Gefäße, Holzzellen und das Holzparenchym, im Basttheil dagegen die Siebröhren, Bastzellen und das Bastparenchym auf. Bei den ächten Coniferen fehlen im Holz die Gefäße und bei den Abietineen im Basttheil der Gefäßbündel die eigentlichen Bastzellen. Im Umkreise des Markes, in der Markscheide, finden sich bei allen Dicotyledonen Spiral- oder Ringgefäße, während mit dem Beginn der Holzzellenbildung nur getüpfelte Gefäße oder Treppengefäße entstehen. Im Umkreis des Markes kommen indess nicht selten auch Elemente des Basttheiles vor, Bastzellen (Nerium) und Milchsaftgefäße (Euphorbia canariensis, Gomphocarpus) werden im Umkreise

Fig. 37. Querschnitt eines Gefäßbündels aus dem Halm des Hafers (*Avena*). *cb* Cambium; *e* weite Gefäßzellen; *f* engere Spiralgefäße (200mal vergrößert).



des Markes vieler Pflanzen gefunden, bei *Linum* hat sogar ein jedes primäre Gefäßbündel im Marke ein von verholzten Zellen umschlossenes Dauercambium, und bei *Ipomoea tuberosa* findet normaler Weise von der Markscheide aus später die Bildung einer secundären Rinde mit Bastzellen, Siebröhren, Milchsaftgefäßen, Bastparenchym und Markstrahlen statt, welche den schon geschlossenen Holzring zersprengt.

Durch den Querschnitt der Gefäßbündel erfährt man auch die Anordnung derselben im Stamm und wird bei den Laubmoosen und einigen Lebermoosen ein centrales Gefäßbündel wahrnehmen (die Mehrzahl der Lebermoose entbehrt desselben). Bei den Rhizocarpeen und *Selaginella* ist dasselbe gleichfalls central, jedoch für letztere Pflanze in einem mit Luft erfüllten Cylinder, nur durch einzelne Parenchymzellen mit der Rinde verbunden, aufgehängt, in der Wurzel dagegen unmittelbar von der Rinde umschlossen. Bei den Farrnkräutern und Equisetaceen sind mehrere Gefäßbündel kreisförmig um ein centrales Mark angeordnet und bei *Lycopodium* findet man dieselbe Anordnung, welche jedoch durch ein centripetales Wachstum der Gefäßbündel, die reihenartig im Marke auf einander treffen, verändert wird, so daß im älteren Stamme scheinbar nur ein centrales Gefäßbündel mit strahlenförmigen Ausläufern vorhanden ist. Die Gefäßbündel der Kryptogamen vermehren sich im Stamme nicht und in der Wurzel aller ist, soviel mir bekannt, nur ein centrales Gefäßbündel beobachtet. Bei den Monocotyledonen bilden die ersten Gefäßbündel eines jungen Stammes einen Kreis um ein centrales Mark, sie vermehren sich aber später auf zweierlei Weise, nämlich nach der Seite des Markes durch Theilung unterhalb des Vegetationskegels und, wenn sie ihren Stamm längere Zeit verdicken, auch nach der Seite des Verdickungsringes durch Theilung der den letzteren berührenden Bündel. Die erstgenannten Bündel treten aus zu den Blättern, die anderen dagegen bilden mit dem sie umgebenden Parenchym das Holz des monocotyledonen Stammes (*Palmae*, *Dracaena*, *Pandanus*). Auf dem Querschnitt des älteren monocotyledonen Stammes erscheinen deshalb die zahlreichen Gefäßbündel zerstreut im Parenchym, und ist, selbst da, wo ein Holzring auftritt (*Dracaena Draco*), das Mark noch von den an der inneren Seite der ersten Gefäßbündel entstandenen Gefäßbündeln, welche zu den Blättern austreten, durchsetzt. — In der Wurzel der Monocotyledonen

entsteht zuerst wie im Stamm ein einfacher Kreis junger Gefäßbündel, es unterbleibt aber, da die Wurzel keine Blätter bildet, auch die Theilung der Bündel nach der Seite des Markes, und wenn sich die Wurzel nicht länger verdickt, auch die Vermehrung der Gefäßbündel nach der Seite des Verdickungsringes. Der einfache Gefäßbündelkreis bildet sich in diesem Falle anders aus als im Stamme, indem die einzelnen Bündel seitlich für kurze Zeit fortwachsen und so einen geschlossenen Gefäßbündelring darstellen, in welchem das einzelne Gefäßbündel nur durch sein Dauercambium und die Anordnung der größeren Gefäße erkennbar ist, nicht aber wie im Stamm durch Parenchym von dem Nachbargefäß scharf geschieden wird. Wo sich dagegen die Wurzel längere Zeit verdickt (*Dracaena*, *Pandanus*), erfolgt die Vermehrung der Gefäßbündel im Umkreis des Verdickungsringes in der dem Stamm zukommenden Weise und tritt erst später der soeben beschriebene Vorgang ein. Auch entwickelt sich in den meisten Fällen mit dem Aufhören des Dickenwachsthum, und zwar aus einer Zellenreihe des Verdickungsringes selbst, die Kernscheide, welche aus einer, seltener aus zwei Reihen, entweder allseitig oder einseitig verdickter, Zellen besteht, die den Gefäßbündelkreis der Wurzel umgeben und von der Rinde trennen. Bei den *Smilax*-Arten (*Sarsaparillwurzel*) und bei *Juncus* ist diese Kernscheide sehr schön ausgebildet; bei *Dracaena* erscheint sie erst in den älteren Wurzeln, deren Dickenwachsthum beendet ist. Bei den Dicotyledonen endlich findet man im Querschnitt durch die Achse der keimenden Pflanze oder in der jüngsten Zweigspitze (*Abies*, *Larix*, *Picea*, *Fagus* und *Quercus*) einen Kreis von Gefäßbündeln, deren Cambium im Verdickungsringe liegt und deren Holztheil innerhalb, deren Basttheil dagegen außerhalb desselben auftritt. Diese Gefäßbündel werden durch Parenchym seitlich von einander getrennt; das sie trennende Parenchym aber sind die primären Markstrahlen (Fig. 38). Die im Mark liegende Grenze der Gefäßbündel bildet mit



Fig. 38. Theil eines Querschnittes durch einen jungen Zweig von *Cocculus laurifolius*. *a* Holztheil des Gefäßbündels; *b* Basttheil desselben; *cb* Cambium des Gefäßbündels; *cbR* Verdickungsring; *e* Mark; *f* ursprünglicher (primärer) Markstrahl (25 mal vergrößert).

dem Parenchym, welches die Bündel von einander trennt, die Markscheide und dieser innerste Theil der Gefäßsbündel, welcher Spiralgefäße enthält (S. 128), ist es, welcher mit dem äußersten Theil desselben Bündels, das in der Rinde liegt, in das Blatt hinübertritt, während der übrige Theil desselben Gefäßsbündels im Stamm verbleibt und durch sein Cambium mit demselben fortwächst. Jedes primäre Gefäßsbündel wird deshalb bei kreisförmiger Stellung im Stamm mit dem Dickenwachsthum des letzteren durch sein Cambium, welches einen Theil des Verdickungsringes bildet, sowohl nach der einen als auch nach der anderen Seite hin keilförmig, auch entstehen nach einander im primären Gefäßsbündel selbst secundäre Markstrahlen (S. 126 u. 135). Die letzteren aber, gleichgültig ob primärer oder secundärer Entstehung, wachsen stetig durch ihr eigenes Cambium, welches den anderen Theil des Verdickungsringes bildet, weiter. So wird der Gefäßsbündelring des dicotyledonen Stammes immer radienartig von den Markstrahlen durchsetzt, die als primäre, die ursprünglichen Gefäßsbündel trennende, Markstrahlen an der einen Seite das Mark, an der anderen dagegen die primäre Rinde erreichen, als secundäre Markstrahlen aber nach

beiden Seiten im Gefäßsbündel selbst endigen, wofür Zweige ausdauernder Pflanzen mit reichlicher Rindenbildung und spät erfolglicher Borkenerzeugung die besten Beispiele geben (*Cissus*, *Aristolochia*, *Tilia*) (Fig. 39).

In der Regel wächst der Holztheil der Gefäßsbündel mächtiger als der Rindentheil, so namentlich bei der Buche und Hainbuche, welche,

Fig. 39.

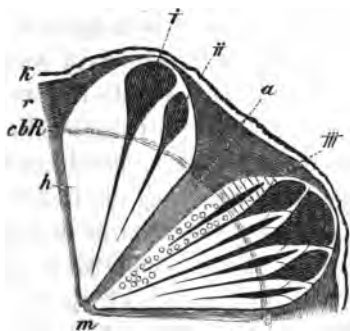


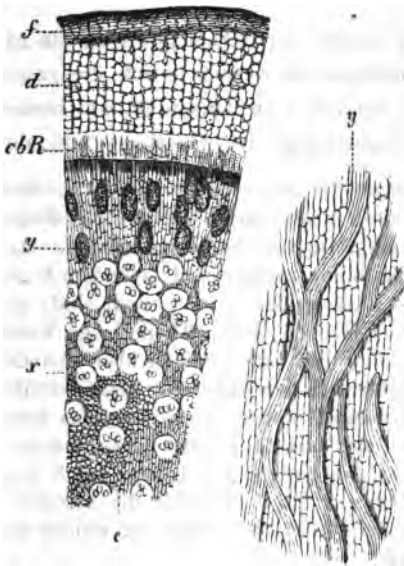
Fig. 39. Theil eines Querschnittes aus dem Rhizom von *Cissus verrucosa* (der Nährpflanze von *Rafflesia Patma*). *a* Ein primärer Markstrahl; *cbR* der Verdickungs- oder Cambiumring; *h* der Holztheil des Gefäßsbündels; *k* die Korkschiebt der Rinde; *r* die secundäre Rinde, in welcher der Basttheil der Gefäßsbündel liegt. *i* Secundärer Markstrahl erster Ordnung, *ii* zweiter Ordnung, *iii* dritter Ordnung. — So lange der äußere Theil der Rinde nicht durch Borkenbildung abgeworfen wird, bleiben die ursprünglichen Gefäßsbündel, z. B. bei der Linde, auch in der Rinde erkennbar (3 mal vergrößert).

obschon ohne Borkenbildung, ihre Rinde nur sehr schwach verdicken; bei anderen Holzpflanzen dagegen wird durch Borkenbildung der äußere, ältere Theil der Rinde abgeworfen und damit die ursprüngliche Anordnung des Basttheiles in der Rinde unkenntlich; an allen jungen Zweigen aber läßt sich auch hier der beschriebene Bau verfolgen. — In der Wurzel der Dicotyledonen ist zwar die erste Anordnung und der allgemeine Bau der Gefäßbündel derselbe, doch wachsen die primären Bündel hier noch eine Zeit lang in centripetaler Richtung und verdrängen dadurch das anfänglich in demselben Maße wie im Stamm vorhandene Mark mehr oder weniger; auch sind die Zellen der Wurzel im Allgemeinen viel weiter als im Stamm, wofür sowohl die Nadelhölzer (*Pinus*, *Larix*, *Picea*), als auch die Laubhölzer (*Quercus*, *Fagus*) geeignete Beispiele geben (S. 130). Bei der Wurzel von *Beta* ist nur im oberen Theil der Rübe ein ziemlich weites Mark vorhanden, welches nach abwärts mehr und mehr verschwindet. — Für den Bau und die Anordnung der Gefäßbündel ist deshalb die einseitige Untersuchung des Stammes nicht genügend, es muß auch die Wurzel einer vergleichenden Betrachtung unterworfen werden.

Allein der Querschnitt ist, wie sich von selbst versteht, nicht ausreichend, um den Bau und die Anordnung der Gefäßbündel zu erfahren, es müssen auch Längsschnitte in verschiedenen nach dem Querschnitt bestimmten Richtungen dargestellt werden. Für die Kryptogamen mit centralem Gefäßbündel ist in der Regel ein Längsschnitt, durch die Mitte des Stammes oder der Wurzel geführt, ausreichend und wird man durch denselben die directe Verzweigung der Gefäßbündel bei der Verzweigung des Stammes oder beim Eintritt in das Blatt wahrnehmen. Bei denjenigen mit einem Gefäßbündelkreis ist neben dem Längsschnitt durch die Mitte mindestens noch ein tangentialer Längsschnitt nothwendig. (Als Beispiele *Selaginella*, *Ophioglossum*, *Botrychium*, *Pteris*, *Lycopodium*.) — Bei den Monocotyledonen sind meistens radiale und tangentiale Längsschnitte ausreichend. Durch einen den Stamm in zwei gleiche Hälften spaltenden Radiallängsschnitt, erkennt man bei ihnen den bogenförmigen Verlauf der zu den Blättern austretenden Gefäßbündel im Mark des Stammes, welche an der inneren Seite des Cambiumringes unter dem Vegetationskegel durch Theilung entstanden sind, desgleichen aber auch die periphere Vermehrung der Gefäßbündel durch Zweigbildung

nach der Seite des Verdickungsringes, welche jedoch viel schwieriger nachzuweisen ist. Mittelt tangentialer Längsschnitte, die nach einander sowohl durch die Rinde, als auch durch den Cambiumring und endlich noch durch den innerhalb desselben gelegenen Theil des Stammes oder der Wurzel geführt werden müssen, erfährt man darauf sowohl den Verlauf der peripherischen, in der Rinde vorkommenden Bastbündel (bei den Palmen, Pandanus und den tropischen Aroideen), als auch die Vorgänge im Cambiumring und endlich den seitlichen Zusammenhang der von letzterem umgebenen Gefäßbündel unter einander, welcher bei *Dracaena* für den das Holz bildenden Theil maschenartig erscheint, indem die Nachbarbündel zu einander treten und wieder von einander gehen (Fig. 40), demnach ein ähnliches Bild wie bei dicotyledonen Pflanzen auf dem Tangentialschnitt darstellen. Auch für die Dicotyledonen sind zur

Fig. 40.



Untersuchung der Gefäßbündel-Anordnung im Stamm dieselben Längsschnitte nothwendig und hat man sehr darauf zu achten, daß der radiale Längsschnitt genau mit den Markstrahlen verläuft, was mit Hülfe der Lupe durch Betrachtung der glattgeschnittenen Hirnfläche (Querschnitt) nicht schwer ist (Fig. 41 A). Die tangentialen Längsschnitte müssen wieder 1. durch die secundäre Rinde geführt werden und zeigen dort den von und zu einander gehenden Verlauf des Basttheiles der Gefäßbündel (*Betula*, *Fagus*), dessen

Fig. 40. Quer- und Tangential-Längsschnitt durch den Stamm von *Dracaena*. *f* Die Korkschiebt; *d* Rindenparenchym; *cbR* Cambiumring; *y* Gefäßbündel, welche entstanden sind, nachdem das Längswachstum des Stammes aufgehört hatte; *x* früher entstandene Gefäßbündel; *e* das Parenchym, welches die Gefäßbündel umgiebt (Vergrößerung 20 mal).

Maschen von den Markstrahlen gefüllt werden; 2. durch die Cambiumschicht, in welcher dieselbe maschenartige Anordnung wiederkehrt und sich das Cambium der Gefäßbündel von dem Cambium der Markstrahlen (S. 126) scharf unterscheidet und endlich 3. durch

Fig. 41.

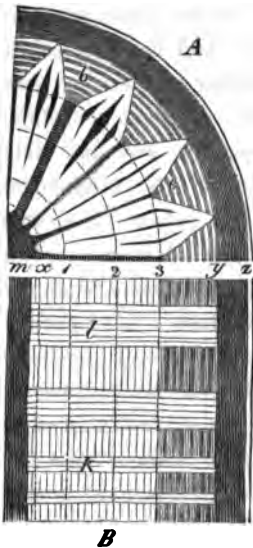
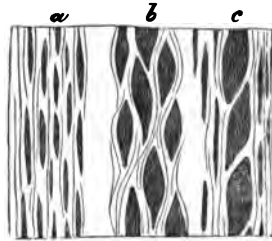


Fig. 42.



das Holz, wo der Verlauf des Holztheiles der Gefäßbündel um die Markstrahlen der Anordnung in dem Cambiumringe entspricht (Fig. 42).

Den Verlauf der Gefäßbündel als ein zusammenhängendes System durch die ganze Pflanze erfährt man außerdem am besten durch Entfernung der Oberhaut und des

Fig. 41. Schematische Abbildungen des Querschnittes und des radialen Längsschnittes durch den Zweig eines dicotyledonen Baumes, so dargestellt, wie selbige bei einer Lupenvergrößerung erscheinen würden. Auf dem Querschnitt (A) sieht man links breite primäre und sekundäre Markstrahlen (b), während rechts enge Markstrahlen (e) dargestellt sind; auf dem Längsschnitt (B) dagegen findet man im oberen Theile lange Markstrahlen (l), im unteren dagegen kurze (k), aus wenigen über einander stehenden Zellen gebildete Markstrahlen; m bezeichnet für beide Schnitte das Mark; x die Anfänge der Gefäßbündel, welche zur Bildung des Holzringes zusammengetreten sind und als Markscheide bezeichnet werden; 1, 2 u. 3 sind auf einander folgende Jahresringe des Holzes, bei 3 liegt der Cambium- oder Safttring und von 3 bis y erscheint die sekundäre Rinde, während von y bis z die primäre Rinde dargestellt ist, welche mit einer Peridermaschicht (z) abschließt.

Fig. 42. Schematische Darstellung tangentialer Längsschnitte durch verschiedene Hölzer, um den Verlauf der Holzzellen und der Gefäße zu den Markstrahlen darzustellen. a Mit sehr schmalen Markstrahlen, wie bei den Nadelhölzern; b mit sehr breiten Markstrahlen, wie bei den Laurus-Arten und bei Swietenia Mahagoni; c mit zweierlei, d. h. mit breiten und schmalen Markstrahlen, wie bei der Buche und Eiche (Lupenvergrößerung).

Parenchyms, welches die Gefäßbündel umgibt und geschieht dieses Isoliren der letzteren zweckmäßig durch 48—60stündiges Kochen der betreffenden Pflanzentheile in Wasser. Indem hier die Inter-cellularsubstanz zwischen den nicht verholzten Parenchymgeweben durch das anhaltende Kochen aufgelöst wird, dagegen zwischen den verholzten Zellen des Gefäßbündels verbleibt, gelingt es die verholzten Theile des letzteren als Skelet zu isoliren und sind auf diese Weise zuerst von TH. HARTIG schöne Präparate dargestellt worden. Es eignen sich dafür alle krautartigen Gewächse mit holzigen Gefäßbündeln und Holzpflanzen mit nicht verholzten Markstrahlen, z. B. *Opuntia*, von welcher ich ein prachtvolles Skelet für Stamm und Wurzel besitze. Auch durch Fäulniß in kaltem Wasser kann man dasselbe bewirken, doch werden die Präparate in der Regel weniger elegant und wird mehr Zeit dazu erfordert. Die Blattskelete durch Fäulniß oder durch Ameisenfraß gewähren nicht selten die zierlichsten Präparate über die Gefäßbündelvertheilung im Blatte, desgleichen ist ein Ast des Drachenbaumes zu Orotava, den ich frisch erhielt, nach Jahresfrist durch langsame Fäulniß ohne Wasser zu einem höchst instructiven Skelet geworden, das sowohl für den Verlauf der inneren zu den Blättern gehenden Gefäßbündel, als auch für die den Holzring bildenden gleich lehrreich erscheint. Leider ist bei dem Macerationsverfahren durch Kochen oder durch Fäulniß eine Zerstörung der jüngsten noch nicht verholzten Theile der Gefäßbündel unvermeidlich, weshalb dasselbe zur Entscheidung der in neuester Zeit durch J. HANSTEIN und NÄGELI wieder angeregte Frage über die Entstehung neuer Gefäßbündel vom Blatte oder vom Stamme aus nicht anwendbar ist. Für diese wichtige Aufgabe sind äußerst zarte Längsschnitte durch die Spitze einer neue Blätter bildenden Knospe, oder noch besser genaue Beobachtungen über die Ausbildung des Keimes im Embryosack selbst nothwendig, und wird man bei *Abies* sowohl als auch bei *Tropaeolum* und *Pedicularis*, wo ich dieselbe verfolgt habe, bald nach der Anlage der Samenlappen, in der Achse des Keimlings den Verdickungsring und in demselben wenig später das Auftreten der ersten Gefäßbündel als Cambiumbündel erkennen, welche mit den gleichzeitig in den jungen Samenlappen vorhandenen Cambiumbündeln in directer Verbindung stehen. Im Keime der Tanne, Fichte oder Kiefer erscheinen diese Cambiumstränge, deren jeder Samenlappen nur einen besitzt, schon vor der Keimung sehr deutlich,

ebenso bei den Palmen, wo im einzigen Samenlappen mehrere Cambiumbündel verlaufen. Bei der Keimung entstehen darauf die ersten Gefäßzellen an dem Orte, wo das Blatt den Stamm verläßt, und schreitet die Bildung neuer Gefäßzellen aus den Zellen des Cambiumbündels für die Achse der Pflanze nach abwärts, für das Blatt dagegen nach aufwärts weiter. Nun wird derselbe Entwicklungsgang aber, aller Wahrscheinlichkeit nach, auch für die Knospen, welche einen Zweig verlängern oder einen neuen Zweig bilden, gelten, indem auch hier die Cambiumbündel in dem sich bildenden Blatte, mit dem Cambiumring des jungen Zweiges im Zusammenhange stehend, früher vorhanden sind, als die sich später in ihnen bildenden Gefäßzellen. Ich halte deshalb die von HANSTEIN und NÄGELI vertretene Ansicht, nach welcher neue Gefäßbündel im Stamme vom Blatte aus entstehen, für unbegründet und bin der Meinung, daß die Bildung neuer Blätter und deren gesetzmäßige Stellung am Stamm von der gesetzmäßigen Fortbildung der Gefäßbündel unter der Stammspitze ausgeht. Die ersten Gefäßzellen im Cambiumbündel entstehen außerdem nicht überall unter dem Vegetationskegel der Stammspitze, da CASPARY für die Keimpflanze der Orobanche, deren Entstehen im Cambiumbündel an der Verbindungsstelle mit der Nährpflanze, also vom Wurzelende ausgehend nach aufwärts, nachgewiesen hat<sup>1)</sup>.

Die Entwicklung der Gefäßbündel selbst verfolgt man endlich am besten bei der keimenden Pflanze, indem man zuerst den Keim vor der Keimung und darauf in den verschiedensten Stadien der letzteren vermittelt Quer- und Längsschnitte untersucht. Man wird auf diesem Wege zuerst nur Cambiumbündel finden, die gewissermaßen als Theil des Verdickungsringes in demselben liegen (*Fagus*, *Quercus* und *Pinus*), wird dann später nach der Seite des Markes einzelne, enge Spiral- oder Ringgefäße und fast gleichzeitig an der Rindenseite einzelne Bastzellen oder Siebröhren entstehen sehen und dann die fortschreitende weitere Entwicklung des dicotyledonen Gefäßbündels vom Cambiumringe aus nach zwei Seiten hin verfolgen können. Bei den Nadelhölzern entspricht die Zahl der primären Gefäßbündel in der Achse der Keimpflanze immer den Samenlappen; bei der Buche dagegen mit zwei Samenlappen sind acht Cambiumgruppen

---

<sup>1)</sup> CASPARY, über Samen, Keimung u. s. w. der Orobanchen. Flora 1854.



vorhanden, bei der Eiche und bei der Haselnuß erscheinen vier, bei der Wallnuß sechs und bei der ächten Kastanie eine grössere Anzahl; doch müßte erst durch Wiederholung festgestellt werden, ob diese Zahlen, wie bei den Nadelhölzern, durchaus constant sind. Bei der Eiche, der Wallnuß und der Kastanie sind auch schon vor der Keimung Spiralgefäße vorhanden, welche an der Austrittsstelle der beiden Samenlappen zuerst auftreten, und ebenso finden sich bei *Zamia*, *Viscum* und *Loranthus* schon vor der Keimung Spiralgefäße. — Bei der Untersuchung des schon im Herbst angelegten und unter dem Schutze der Deckschuppen überwinternden Triebes der Knospe kehren ähnliche Verhältnisse wieder, indem man auch hier im Verdickungsring eine mehr oder weniger bestimmte Anzahl Cambiumbündel findet, welche mit den Cambiumbündeln der kaum angelegten Blätter in Verbindung stehen, wofür zarte Längsschnitte durch die Anlage des künftigen Triebes der Tanne und Fichte im Herbst oder Winter sehr geeignet sind. Bei der Kiefer findet man im überwinternden Triebe bereits enge Spiralgefäße, welche sich bei der Tanne und Fichte erst im Frühjahr bilden. Noch vor dem Aufbrechen der Knospe muß dann die Untersuchung begonnen und mindestens bis zum vollendeten Längswachsthum des neuen Triebes verfolgt werden. Die Untersuchung der Zweigspitzen im Sommer wird dagegen, selbst bei Pflanzen mit periodisch nicht unterbrochener Zweigverlängerung kaum zum Ziele führen, zum wenigsten kein sicheres Resultat gewähren. So findet man im jungen Buchenzweige, der eben seiner Knospe entschlüpft ist und noch schlaff herunterhängt, in den Gefäßbündeln nur enge Gefäße mit weit von einander gezogenen Ringen oder Spiralbändern, und sieht dann weitere Spiralgefäße mit näher gelegenen Bändern entstehen, und erst, wenn die Verlängerung des Triebes beendet ist, netzförmige oder getüpfelte Gefäße und neben diesen verholzende Holzzellen auftreten, durch welche der junge Zweig seine Schlawheit verliert und sich allmählig aufrichtet. Von dieser Zeit an beginnt dann die Fortbildung der Gefäßbündel zur Bildung des Holzes und der secundären Rinde. — Für die Wurzel verfolgt man gleichfalls die Fortbildung der Gefäßbündel entweder durch das Studium keimender Pflanzen oder durch die Untersuchung sich neu bildender Nebenwurzeln. — Die Entstehung und Fortbildung der Gefäßbündel im Blatte endlich muß bei der Entwicklungsgeschichte des letzteren verfolgt werden.

### F. Untersuchungsgang für den Stamm und für die Wurzel.

Der Stamm oder Stengel der Pflanzen ist durch einen Vegetationskegel charakterisirt, unter dem sich Blätter bilden können. Zur Untersuchung des Stammes gehört deshalb auch die genaue Betrachtung des Vegetationskegels, den man am organischen Ende des fortwachsenden Stammes findet und den wir bei der Stammknospe und dem sich aus ihr entwickelnden Stamm näher betrachten werden. — Die Wurzel endigt zwar ebenfalls mit einem Vegetationskegel, der aber von einer aus Zellen bestehenden Hülle, der Wurzelhaube, bedeckt ist und darum keine Blätter bilden kann. Die Wurzelhaube ist mit dem Vegetationskegel organisch verbunden, sie wächst durch Bildung neuer Schichten von innen her, während ihre äußeren Schichten ebenso allmählig absterben. Wir werden die Wurzelhaube bei der Entwicklung der Wurzel aus der Wurzelknospe näher kennen lernen.

Einen wirklichen Stamm, der unter seinem Vegetationskegel Seitenorgane (Blätter) bildet, finden wir zuerst bei den Laub- und Lebermoosen. Zwar kommen schon bei den höheren Algen, z. B. den Sargassum-Arten, ja sogar unter den einzelligen Algen (*Caulerpa*) Bildungsformen vor, die man vielleicht morphologischer Seits als Stamm und Blatt unterscheiden dürfte, ja bei der *Cymopolia bibarbata*, einer Alge tropischer Meere<sup>1)</sup> wächst die große centrale Schlauchzelle, welche die eigenthümlich gebaute aus kleineren Zellen bestehende Rinde trägt, gleich dem Vegetationskegel höherer Gewächse an ihrer Spitze und bildet hier, den Blättern ähnlich, die Zellen der Rinde, wie auch ein ähnliches Wachstumsverhältniß bei den Charen wiederkehrt. Bei den laubigen Lebermoosen erscheinen noch flächenartige Stämme (*Metzgeria*, *Blasia*, *Pellia*), die jedoch in normaler Weise unter ihrem Vegetationskegel (vielleicht mit Ausnahme von *Anthoceros*) Blätter bilden. Den Laub- und Lebermoosen fehlt dagegen noch die eigentliche Wurzel, zu deren Ersatz Wurzelhaare am Stamm für Bodennahrung sorgen.

Die kleinen Stämme der Laub- und Lebermoose klemmt man im frischen Zustande, oder, wenn sie getrocknet waren, nach mehr-

<sup>1)</sup> Von mir am Strande Gran Canaria's gesammelt.

stündigem Einweichen in kaltem Wasser, zwischen Fliedermark (S. 43), wobei für die Querschnitte darauf zu achten ist, daß selbige im rechten Winkel zur Längsachse des Stämmchens genommen werden. Dasselbe Verfahren ist auch für alle sehr dünnen Zweige und Wurzeln anwendbar. Die dickeren Stämme oder Wurzeln schneidet man am besten aus freier Hand mit Berücksichtigung der S. 65 angegebenen Cautelen, und ist es zweckmäßig zuerst Zweige oder Wurzeln von geringer Stärke zu wählen, bei denen sich auf dem Querschnitte die Anordnung vom Centrum zur Peripherie unter dem Mikroskope mit einem Blicke übersehen läßt, wie überhaupt zu einer genauen Untersuchung die vergleichende Betrachtung jüngerer und älterer Zustände nicht fehlen darf, weil gar nicht selten bei der weiteren Ausbildung des Stammes und der Wurzel wesentliche Veränderungen eintreten.

Für junge Zweige hat man auf die Beschaffenheit der Oberhaut zu achten, und entweder durch Abziehen derselben mit der Pincette, oder, wenn dies nicht ausführbar ist, durch zarte, die Oberhaut hinwegnehmende Flächenschnitte den Bau derselben zu erforschen, wobei sowohl auf die Gestalt und Verdickung der Zellen, als auch auf das Vorkommen von Spaltöffnungen, Haaren, Schuppen oder Drüsen u. s. w. zu achten ist. Die ersteren zeigen sich bei einer Ansicht von oben, also auf der abgezogenen Oberhaut, am besten, die anderen werden dagegen auf Quer- und Längsschnitten besser und zwar in ihrer Verbindung mit der Oberhaut dargestellt. Man hat weiter durch Quer- und Längsschnitte auf die Anordnung und den Bau der Gefäßbündel zu achten (S. 136) und bei dicotyledonen Gewächsen eine primäre und secundäre Rinde zu unterscheiden. Erstere bildet den äußeren von der Oberhaut bedeckten Theil und ist ein ächtes Parenchymgewebe, während die andere an den Cambiumring grenzt und durch denselben entstanden, bei den Dicotyledonen die Basttheile der Gefäßbündel, von Markstrahlen durchsetzt, enthält. Die Grenze zwischen primärer und secundärer Rinde ist meistens nicht scharf bezeichnet. In der ersteren liegen bei den Abietineen die Harzgänge. (Bei der Lerche bilden sich indess auch später in der secundären Rinde längliche, aber in sich abgeschlossene Harzhöhlen.) Nicht selten findet sich auch unter der Oberhaut in der primären Rinde ein dickwandiges, nicht verholztes Parenchymgewebe, von glänzend weißem Ansehen, welches als Collenchym bekannt ist und wahrscheinlich die Verdunstung behindert

(bei Cucurbita, Rumex, Opuntia). An der Grenze zwischen primärer und secundärer Rinde erscheinen die Anfänge des Basttheiles der primären Gefäßbündel, deren Holztheil in der Markscheide endet, und sind an jungen Zweigen in den meisten Fällen auch diese primären Bündel im Holztheil deutlich erkennbar (Tilia, Cissus, Viscum). Man hat hier in Betreff der Gefäßbündel dasjenige zu beachten, worüber ich S. 136 ausführlicher gesprochen habe und namentlich, nachdem man durch den Querschnitt über die Verhältnisse der Anordnung der einzelnen Zellenarten zu einander orientirt ist, Längsschnitte durch die Mitte des Zweiges oder der Wurzel, welche genau mit den Markstrahlen verlaufen, darzustellen, und auf den Bau der Markscheide im Gegensatz zum späteren Holz und ebenso auf den Bau der an die primäre Rinde streifenden Anfänge des Basttheiles der Gefäßbündel zur später vom Cambium aus erzeugten Rinde, desgleichen auf den Cambiumring selbst, auf seine Zellen und den Vorgang der Theilung in ihnen zu achten, wofür sich indess nur diejenigen Pflanzen mit weiten Cambiumzellen eignen, weshalb die Wurzeln der Nadelhölzer (Abies, Pinus, Larix) namentlich zu empfehlen sind. Bei der Esche (Fraxinus) sind die ersten getüpfelten Gefäße im jungen Holz des neuen Triebes noch sehr enge und deshalb für die Untersuchung des tüpfelförmigen Baues ihrer Scheidewand geeignet. Sind die zu untersuchenden Zweige sehr weich, so kann unter Umständen ein mehrstündiges Verweilen in Alcohol als Erhärtungsmittel dienen. Die Schnittfläche darf in diesem Falle nur mit Alcohol benetzt werden (S. 67). Die tangentialen Längsschnitte müssen 1. durch die primäre Rinde, 2. durch die secundäre Rinde, 3. durch die Cambiumschicht und 4. durch den Holzring geführt werden.

Junge Wurzeln kann man nur ganz frisch untersuchen, da selbige in der Regel viel zarter gebaut sind und, aus der Erde gehoben, schnell vertrocknen, dann aber zur Untersuchung nicht mehr tauglich sind. Ich halte es für die Erforschung junger Wurzeln nothwendig, dieselben mit der Erde auszuheben und letztere vorsichtig in Wasser abzuspülen, oder wenn dies an Ort und Stelle nicht thunlich ist, selbige mit der Erde in einem mit Wasser erfüllten Gefäße zu transportiren und später von der letzteren zu reinigen. Auf diese Weise ist es allein möglich die zarte Oberhaut der Wurzeln mit ihren einzelligen und meistens unverzweigten Wurzelhaaren zur Anschauung zu bringen und sich zu überzeugen, ob selbige wirklich fehlen, wie

es bei *Abies pectinata*, *Monotropa* und *Cieuta virosa* der Fall ist. Für den Querschnitt durch die junge Wurzel hat man dann weiter innerhalb der primären Rinde nach einer Grenze zu suchen, welche dieselbe in zwei Kreise theilt. Der äußere bald absterbende Kreis entspricht der Wurzelhülle (*Velamen radicum*) und ist namentlich bei den Luftwurzeln tropischer Orchideen (*Stanhopea*, *Epidendron*) ausgezeichnet entwickelt und noch durch zierliche Verdickungen seiner Zellen bemerkbar, aber nicht allein hier, sondern auch ziemlich allgemein für die Wurzel, sogar der Dicotyledonen vorhanden (*Alnus*, *Quercus*, *Pinus*), aber bisweilen auf wenige Zellenreihen beschränkt. In der Regel vertrocknet diese Wurzelhülle bald und gehen mit ihr auch die Wurzelhaare verloren. Bei der jungen Wurzel hat man weiter auf die Stellung der Gefäßbündel zu einander, desgleichen auf alle Verhältnisse, die oben für den Zweig besprochen sind, zu achten und den Bau des letzteren mit dem der Wurzel zu vergleichen, wodurch man wesentliche Unterschiede zwischen beiden wahrnehmen wird. — Bei den noch sehr jungen Wurzeln der Monocotyledonen pflegt die Kernscheide<sup>1)</sup> noch zu fehlen, indem sie erst mit dem Aufhören des Dickenwachsthums entsteht, und für die Dicotyledonen ist auf das centripetale Wachstum des Gefäßbündelringes und das Verdrängen des Markes durch diesen Vorgang zu achten. Die jüngsten Wurzeln von *Beta vulgaris*, welche auf gewöhnliche Weise gar nicht zu untersuchen sind, schneiden sich nach dem Erhärten ihres Gewebes durch Alcohol vortrefflich.

Ältere Zweige, Stämme oder Wurzeln wird man, wenn die Exemplare stark sind, so untersuchen müssen, daß man zuerst Querschnitte durch den innersten Theil, darauf solche durch die Cambiumschicht und endlich durch die Rinde darstellt, und in gleicher Weise auch Längsschnitte nach den beiden oft besprochenen Richtungen anfertigt. Selten wird es bei dicotyledonen Gewächsen nöthig sein, noch verschiedene Altersstadien des Holzes zu untersuchen; für die Rinde ist dagegen ein Vergleich verschiedener Alterszustände geboten, indem bei ihr in späteren Jahren wesentliche Veränderungen vor sich gehen, zu welchen namentlich die Kork- und Borkenbildung gezählt werden müssen. Wenn nämlich unter der Oberhaut Kork

---

<sup>1)</sup> Die Kernscheide findet sich auch bei einigen Pflanzen im älteren Wurzelstock, ist also kein anatomisches Merkmal für die Wurzel allein.

entsteht, so stirbt durch ihn die letztere ab, ein Vorgang den wir bei der Mehrzahl der ausdauernden Gewächse schon im ersten Lebensjahr des Zweiges vor uns sehen. Bildet sich dagegen im Rindenparenchym selbst eine Korkzone, so sterben alle auferhalb derselben gelegenen Gewebetheile ab und es entsteht Borke (rhytidoma), deren Bildung sich auf die primäre Rinde beschränken, häufiger aber späterhin auch die ältere secundäre Rinde ergreifen und zum Absterben zwingen kann (*Pinus silvestris*, *Platanus*). Die Beschaffenheit der Borke muß demnach sehr verschieden sein. Außerdem ändert sich vielfach innerhalb der lebenden Rinde die Beschaffenheit ihrer Zellen; so finden wir in der älteren Rinde von *Abies*, *Larix* und *Picea* secundäre Bastzellen (S. 135), deren Entwicklungsgeschichte noch unbekannt ist und noch häufiger Gruppen dickwandiger und verholzter Parenchymzellen (*Fagus*, *Carpinus*, *Platanus*); auch hat KARSTEN für die Bastzellen der alten Rinde von *China laurifolia* Veränderungen in der stark verdickten Wand nachgewiesen, welche nur durch Resorption zu erklären sind und an die spaltenförmig porösen Zellen der *Caryota urens* erinnern. — Nicht selten wird man die Rinde ganz für sich untersuchen müssen, wenn sie durch ein Zerreißen der Cambiumschicht beim Austrocknen von dem Holze getrennt ist und wird in solchen Fällen einen klaren Einblick in die Cambiumschicht verlieren. Für ausgetrocknete Rinden wird ein halbstündiges Aufweichen in Wasser und ein Befeuchten des zarten Querschnittes mit Aetzkalilösung genügen; in manchen Fällen ist auch ein Erwärmen des Schnittes in Kalilösung empfehlenswerth; namentlich bei den Chinarinden, deren schwach verdickte und zusammengesunkene Zellen nach dieser Behandlung wie frisch erscheinen und mit destillirtem Wasser ausgewaschen, als Präparate aufbewahrt werden können.

Bei der Untersuchung des kryptogamen und monocotyledonen Stammes handelt es sich zuerst um die Rindenbildung, die bei den ersteren, mit Ausnahme von *Isoëtes*, immer primärer Natur, bei den anderen aber nur in dem Falle als secundäre Rinde zu betrachten ist, wenn sie, bei fortdauernder Stammverdickung, gleich dem innerhalb des Cambiumringes gelegenen Theil durch den letzteren fortwächst und wie die Rinde der Dicotyledonen durch ihn an Dicke gewinnt, was bei den Palmen, bei *Pandanus* und den tropischen Aroideen, welche Bastbündel in der secundären Rinde enthalten, der Fall ist; für *Dracaena* dagegen möchte es zweifelhaft sein, ob

die Rinde durch den Cambiumring wächst, oder nur durch Zellenvermehrung und Zellenausdehnung der Stammzunahme folgt. Weiter kommen Bau und Anordnung der Gefäßbündel in Betracht und gilt es deren Zusammenstellung unter einander zu erforschen (S. 137). Dasselbe findet auch für die Wurzel Anwendung, welche immer zur Vergleichung mit dem Stamm untersucht werden muß.

Für den dicotyledonen Stamm hat man auf dem Querschnitt, der möglichst zart und rein sein muß, von innen nach außen zu unterscheiden: 1. das Mark, 2. das Holz, 3. das Cambium und 4. die Rinde. Für das Mark hat man zu achten auf die Größe und Gestalt (bei einigen tropischen Schlingpflanzen, desgleichen im Stamm und in den Zweigen der Eiche, der Kastanie u. s. w. hat dasselbe keine runde, sondern eine eckige Gestalt, welche mit der Blattstellung zusammenhängt); auf die Beschaffenheit der Zellen und auf den Uebergang des Markgewebes zu den Zellen der Gefäßbündel in der Markscheide und endlich auf den Inhalt der Markzellen selbst. Für den Holzring, der das Mark umschließt, ist zu sehen *a*) auf die Anordnung der Markstrahlen, welche strahlenartig vom Mark zur Rinde verlaufen; ob sie ein- oder mehrreihig sind, ob sie sämtlich bis zum Marke und bis zur Grenze der secundären Rinde gehen (bei ganz jungen Zweigen), oder ob sich einige derselben als secundäre, d. h. später entstandene, Markstrahlen im Holzring und in der secundären Rinde verlieren; ob sie zahlreich und nahe bei einander oder seltener und in weiten Abständen von einander auftreten; ob sie alle von gleicher Breite sind, wie bei der Linde, Weide, Pappel und bei den Coniferen, oder ob breite und schmale Markstrahlen neben einander vorkommen, wie bei der Eiche und Buche; (bei der Hainbuche, Haselnuß und Erle sind nur scheinbar zweierlei Markstrahlen vorhanden<sup>1)</sup>); *b*) auf die Anordnung der Holzzellen, ob selbige mit Gefäßzellen untermengt sind, oder ob, wie im Holz der Coniferen und Cycadeen die eigentlichen Gefäßzellen fehlen. Bei den Coniferen hat man weiter auf die Stellung der Tüpfel, ob diese nur in der Richtung der Markstrahlen vorhanden sind, oder ob sie auch, wenngleich seltener (bei *Wellingtonia* häufig), in der entgegengesetzten Richtung auftreten; ferner auf das Vorhandensein oder Fehlen der Harzgänge, und auf die Stellung derselben innerhalb eines

---

<sup>1)</sup> Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. S. 52.

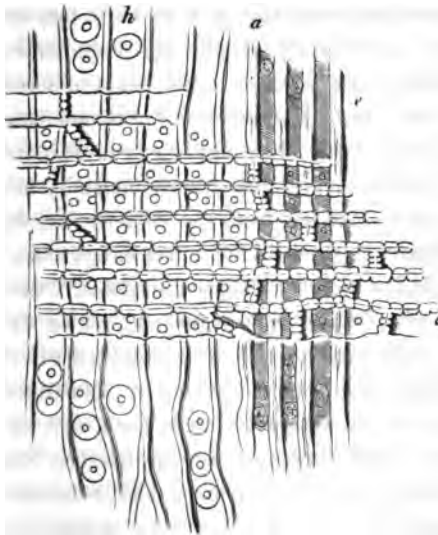
Jahresringes zu sehen; bei denjenigen Nadelhölzern, denen die Harzgänge fehlen, hat man weiter nach dem Holzparenchym, das oft nur sparsam vorkommt zu suchen (S. 131). Bei den Angiospermen ist dagegen die Anordnung, Größe und Verdickungsweise der Gefäßzellen und die Vertheilung der Holzzellen um selbige wichtig. Bei sämtlichen dicotyledonen Stämmen hat man ferner auf die Grenze der Jahresringe, ob dieselbe stark oder schwach markirt ist, oder ob sie, wie bei vielen tropischen Bäumen, gänzlich fehlt, zu achten. c) auf das Cambium, namentlich auf dessen Uebergang sowohl zum Holz als auch zur Rinde. Der Querschnitt muß so rein und zart sein, daß man sowohl die Zahl der Reihen, als auch die Beschaffenheit der Cambiumzellen und deren Inhalt deutlich erkennt (verdünnte Kalilauge entfernt hier oftmals den körnigen Inhalt und macht die Zellen klarer). Man unterscheidet alsdann im Cambiumring schon der Form nach das Cambium, welches Gefäßbündelzellen bildet, von dem Cambium, welches die Markstrahlen erzeugt. Den Inhalt der Cambiumzellen hat man zuvor mit Jodlösung, auch mit Zucker und Schwefelsäure u. s. w. zu prüfen. — Für die Rinde beachtet man zunächst die Anwesenheit und die Anordnung der Bastzellen in der secundären Rinde. Die primäre Rinde ist schon im Keim, desgleichen in der jungen Knospe enthalten, der Cambiumring, in welchem bald darauf die ersten Gefäßbündel entstehen (S. 46), scheidet dieselbe vom Marke. Die secundäre Rinde wird dagegen erst durch das Cambium gebildet, sie wächst mit dem Holzring und in ihr liegt der Bast- oder der Rindentheil der dicotyledonen Gefäßbündel. In der primären Rinde finden sich deshalb keine Bastbündel, obschon auch in ihr bisweilen, z. B. bei Ephedra, bastähnliche Zellen auftreten. Man hat darauf zu achten, ob die Bastzellen in Bündeln oder, wie bei den Cupressineen, in Reihen angeordnet oder vereinzelt erscheinen, ferner darauf zu sehen, ob eine Epidermis, die im jugendlichen Zustande niemals fehlt, noch vorhanden ist (bei *Viscum*), oder ob eine Korkschiebt auftritt und deren Mächtigkeit, sowie die Art ihres Erscheinens, ob nämlich ein glatter Kork, ein Lederkork (*Periderma*) den Stamm umhüllt, wie bei der Birke und dem Kirschbaum, oder ob ein rissiger Kork, wie bei der Korkeiche, bei *Acer campestre* u. s. w., erscheint, oder ob endlich eine Korkbildung im Innern der Rinde das Entstehen der Borke veranlaßt, und dann die Beschaffenheit, sowie die Weise des Abwerfens dieser Borke zu be-



achten<sup>1)</sup>. (Mit der primären Rinde werden bei den meisten Coniferen auch die in ihr vorkommenden Harzgänge abgeworfen.)

Außer des soeben beschriebenen Querschnittes bedarf es für den dicotyledonen Stamm noch zweierlei Längsschnitte: 1. Eines Längsschnittes parallel mit den Markstrahlen (eines Radialschnittes), welcher vom Mark durch den Holzring, durch das Cambium und durch die Rinde gehen muß. Aber nur bei ganz dünnen Stämmen oder Zweigen wird es möglich sein, einen solchen Schnitt im Ganzen zu erhalten, in der Regel wird man sich bei stärkeren Stämmen oder Zweigen mit mehreren Schnitten, von denen der eine das Mark und das sogenannte Kernholz (das innerste, älteste Holz), ein zweiter die Mitte des Holzringes und ein dritter die äußere Grenze des letzteren mit dem Cambium und der Rinde darstellt, begnügen müssen. 2. Dreier Längsschnitte, die sich mit den Markstrahlen kreuzen (Tangential- oder Secantenschnitte); ein solcher etwa durch die Mitte des Holzringes, ein zweiter durch das Cambium und ein dritter durch

Fig. 43.



die secundäre Rinde werden in der Regel genügen.

Bei dem radialen Längsschnitt hat man zu achten: 1. Für das Mark, auf die Länge oder Kürze seiner Zellen und auf die Beschaffenheit ihrer Wände, desgleichen auf den Inhalt dieser Zellen, ferner auf die Zellen der Markscheide. In derselben wird man Spiral- und Ringgefäße finden, wenn selbige auch im Holzring selbst nicht weiter vorkommen (S. 128). 2. Für den Holzring, a) auf die

Fig. 43. Radialer Längsschnitt durch das Holz der Tanne (*Abies pectinata*). a Herbst-, h Frühlingsholz, von e bis e Markstrahlzellen (200 mal vergr.).

<sup>1)</sup> Man vergleiche hierfür HANSTEIN: Ueber die Baumrinde. Berlin 1853. und meinen Baum. 2. Aufl. S. 207.

Markstrahlzellen, ob sie lang oder kurz, schmal oder breit, groß- oder kleinporös, oder getüpfelt sind, desgleichen auf die Art und Weise ihrer Verdickung (Fig. 43 u. Fig. 35. S. 136) und endlich auf den Inhalt dieser Zellen; b) auf die Holzzellen und auf das Vorhandensein eines Holzparenchyms (S. 131), das bei den Leguminosen, bei der Eiche und der Buche reichlich vorhanden ist und häufig Stärkmehl führt; ferner auf die Größe und Stellung der Tüpfel der Holzzellen und auf die Form und Richtung des Porus derselben; desgleichen auf die Gegenwart eines mehr oder minder deutlichen Spiralbandes in der Holzzelle (bei *Taxus* und *Vitis*); c) auf die Gefäße, ob deren Zellen mit wagrechten oder schiefen Querwänden auf einander treffen. In ersterem Falle werden sie meistens von einem runden Loch (*Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*), im anderen von leiterförmigen Scheidewänden durchbrochen sein (*Alnus*, *Betula*, *Corylus*, *Platanus*, *Buxus*, *Thea* u. s. w.); selten kommen beide Formen in einem Stamme vor (bei der Buche bisweilen, desgleichen bei einem von mir untersuchten fossilen Holz aus England). Ferner ist die Art der Verdickung der Gefäße, ob sie als Spiral- oder Treppengefäße u. s. w. auftreten, ob sie getüpfelt sind, ob Tüpfel und Spirale gleichzeitig vorkommen (*Tilia*, *Prunus Padus*, *Carpinus*), zu erwägen. Bei den Coniferen hat man auch auf die Harzgänge, ihren Bau und den Zusammenhang derselben mit den Markstrahlen, desgleichen auf die von HARTIG nachgewiesenen sogenannten Zellfasern (vereinzelt vorkommende, mit geraden Querscheidewänden auf einander treffende Zellen, welche Harz enthalten und dem Holzparenchym der Laubhölzer entsprechen) (S. 132), zu sehen. Letztere finden sich bei *Thuja*, *Cupressus*, *Taxodium*, *Juniperus*, *Chamaecyparis*, *Cedrus* und *Araucaria*, fehlen dagegen da, wo Harzgänge im Holz auftreten. 3. Für das Cambium auf die Form und den Inhalt der Zellen und ihren allmählichen Uebergang nach der einen Seite in das Holz und nach der anderen in die secundäre Rinde. (Das Cambium ist im frischen Zustande reich an stickstoffhaltiger Substanz; Zucker und Schwefelsäure färben den Inhalt rosenroth.) 4. Für die Rinde endlich auf die Siebröhren und ihr Vorkommen mit oder ohne Bastzellen; ferner auf die Bastzellen, deren Kürze oder Länge, desgleichen auf das Auftreten secundärer Bastzellen in der älteren Rinde (bei *Abies*, *Larix* und *Picea*) und endlich auf das Bastparenchym sammt den Markstrahlen und auf den Inhalt der beiden letzten Zellenarten. Der Bau der

Korkzellen ist, wenn eine Korkschiebt oder eine Borke anwesend, gleichfalls zu untersuchen.

Der Tangential- oder Secantenschnitt wird namentlich für den Holzring und die secundäre Rinde und zwar für die Anordnung der Markstrahlen wichtig, man erfährt durch ihn, ob letztere, wie bei allen ächten Coniferen, nur eine Längsreihe von Zellen bilden (die Markstrahlen von *Ephedra* sind 2—3reihig), oder ob sie in der Mitte aus mehreren, ja aus vielen Zellenreihen bestehen, und daher auf dem Tangentialschnitt in der Mitte bauchig und an beiden Enden zugespitzt erscheinen (*Laurus Sassafras*, *Hernandia Sonora*, *Swietenia Mahagoni*, *Polysanderholz*). Der Verlauf der Holzzellen wird in solchem Fall nothwendig ein geschlungener sein. Bei den Coniferen kommt auch die Zahl der über einander liegenden einreihigen Markstrahlzellen, demnach die Kürze oder Länge der Markstrahlen, in Betracht (*Juniperus* hat aus 1—5 Zellen, *Taxus* aus 2—24 Zellen bestehende Markstrahlen). Bei den Coniferen ist außerdem auf das Vorkommen horizontaler Harzgänge im Innern breiterer, nur sparsam vorkommender Markstrahlen zu achten (*Pinus silvestris* und *Picea vulgaris*). Der Tangentialschnitt ist bei den Coniferen auch für den Bau der Tüpfel wichtig; man erkennt (besonders schön bei *Taxus* und bei *Pinus maritima*) den linsenförmigen Raum und den verengerten Theil des Porencanals, der von den beiden benachbarten Holzzellen gegen diesen Raum verläuft (S. 97) und wird bei injicirtem Holz elegante Präparate gewinnen.

Ein tangentialer Längsschnitt durch das Cambium zeigt darauf dieselbe Anordnung zwischen den zum Gefäßbündelcambium gehörenden Zellen und dem Markstrahlcambium, die man im Holz zwischen den Gefäßbündelzellen und den Markstrahlzellen wahrgenommen hat und wird man nicht selten durch selbigen die Bildung eines neuen secundären Markstrahles durch Quertheilung einer oder mehrerer Zellen des Gefäßbündelcambiums belauschen können. Der Tangentenschnitt durch die secundäre Rinde aber wird dasselbe Bild der Anordnung nur mit anderen, dem Basttheil angehörigen Elementen des Gefäßbündels wiederholen.

Für die Darstellung der Präparate gilt das auf S. 65 Angegebene. Bei den Coniferen und allen harzreichen Pflanzen überhaupt, ist es besser, die Schnittfläche des Gegenstandes statt des Wassers mit Alcohol zu befeuchten. Auch wird es in der Regel vortheilhaft sein,

die dargestellten Schnitte vor der Beobachtung in Alcohol zu legen, um die Luft auszutreiben und zugleich das vorhandene Harz zu lösen, was bei den Coniferen unerlässlich ist. Will man die Structur der einzelnen Zellen des Stammes noch genauer studiren, so empfehle ich das Macerationsverfahren von SCHULZE (S. 48), ferner das Kochen mit Kali auf zarte Quer- und Längsschnitte angewendet, desgleichen die Benutzung der Chlorzink-Jodlösung auf die durch das eine oder andere Verfahren isolirten Zellen und ebenfalls auf die mit Aetzkalilösung gekochten und sorgfältig ausgesüßten Schnitte. Sehr harte Hölzer, z. B. das Holz der Baumfarn und der Palmen legt man zweckmäßig 24—48 Stunden in Wasser, wodurch die Holzzellen etwas erweicht werden und sich dann besser schneiden lassen. Der Querschnitt sehr harter Hölzer rollt sich häufig, wenn er recht zart ist, auf, wogegen ein sorgfältiges Ausbreiten mittelst der Nadel unter dem Simplex und das Bedecken mit einem nicht zu leichten Deckglase als bestes Mittel dient. Dünne Schnitte weicher Hölzer fallen dagegen oftmals zusammen und müssen dann ebenfalls unter dem einfachen Mikroskop mit Hülfe der Nadel ausgebreitet werden.

Für die Untersuchung der älteren Wurzel dicotyledoner Pflanzen gilt im Allgemeinen das für den Stamm beschriebene Untersuchungsverfahren. Die Wurzel ist gleich dem Stamm ursprünglich mit einem Mark versehen, doch wird dasselbe meistens durch ein centripetales Wachsthum der primären Gefäßbündel bald bis auf ein Minimum verdrängt. (Es giebt jedoch auch Wurzeln mit sehr entwickeltem Mark [die Luftwurzeln von *Laurus canariensis*]. Bei Beta ist nur im oberen, den Blätterkopf tragenden, Theile der Rübe ein weites Mark vorhanden, welches nach abwärts mehr und mehr verschwindet). Die Anordnung des Holzringes und der secundären Rinde ist darauf im Allgemeinen wie bei dem Stamme, nur sind sämtliche Zellen viel weiter, weshalb auch im Wurzelholz der Nadelhölzer statt enger Holzzellen mit einer Tüpfelreihe, weitere mit zwei bis vier Tüpfelreihen vorkommen und sich die Wurzel für die Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Zellenarten aus dem Cambium, desgleichen für die Entstehung der Tüpfel ungleich besser als das Stammholz eignet. Man sollte überhaupt, wo es irgend thunlich ist, wie ich schon mehrfach angedeutet habe, niemals unterlassen, Stamm und Wurzel vergleichend neben einander zu untersuchen, indem man in allen Fällen zwischen beiden anatomische Ver-

schiedenheiten finden wird. Besonders abweichend vom Stamme erscheint der Wurzelbau der Umbelliferen (*Cicuta virosa*). — In der Rinde erfolgt bei der Wurzel das Absterben der äußeren Theile zeitiger als im Stamme; den älteren Theilen der Wurzel fehlen deshalb die Wurzelhaare, auch führt das parenchymatische Gewebe derselben selten Blattgrün, aber meistens um so reichlicher Stärkmehl. Die Wurzel von *Viscum album*, welche in der Rinde der Nährpflanze verläuft, besitzt nur ein centrales Gefäßbündel, sie hat niemals Mark.

Will man Braunkohlenhölzer untersuchen, so ist es bisweilen gut, dieselben mehrere Tage lang in einer Auflösung von kohlsaurem Natron zu digeriren und darauf mit Wasser auszulaugen. Hölzer, welche vor dieser Behandlung keine brauchbare Quer- und Längsschnitte gaben, lassen sich nach diesem Verfahren meistens sehr wohl schneiden. Hölzer, die in kohlsauren Kalk verwandelt sind, geben bisweilen mit Hülfe einer Uhrfedersäge und nachherigem Abschleifen gute Quer- und Längsschnitte. Am besten verfährt man hier, wenn man die mit der Säge erhaltene gerade Schnittfläche auf einem feinen Schleifstein mit Wasser glatt schleift und dann erst zum zweiten Male die Säge anwendet. Den jetzt erhaltenen, mäfsig dünnen Quer- oder Längsschnitt kittet man darauf an seiner bereits glatt geschliffenen Seite mit Siegelack auf einen Kork, nimmt darauf mit einer englischen Feile das Größte hinweg und schleift zuletzt den Schnitt auf einem feinen Wasserstein bis er die nöthige Zartheit erlangt hat. Der Kork, auf den der Schnitt gekittet, wird dann in Alcohol gelegt, welcher denselben ablöst, worauf er mit einem Haarpinsel gereinigt und zweckmäfsig unter Canadabalsam aufbewahrt wird. (Dasselbe Verfahren ist den Zootomen für die Herstellung zarter Knochen- und Zahnschliffe zu empfehlen). — Bei Kieselhölzern beschränkt man sich vorläufig auf das Absprennen zarter Lamellen durch vorsichtiges Pochen mit einem kleinen Stahlhammer. Das Sägen und Schleifen solcher Kieselhölzer ist in der Regel zu zeitraubend und zu selten von einigem Erfolg. Dagegen kann man durch Hofrath SCHLEIDEN in Jena schöne Präparate geschliffener Kieselhölzer käuflich beziehen. Zur Herstellung derselben gehört nothwendig ein vollständiger Schleifapparat.

Für die Entwicklungsgeschichte des Stammes kann man zwei Wege wählen; der erste beschäftigt sich mit der keimenden Pflanze, der andere mit der Untersuchung der Knospe und des

jungen Zweiges und ist es zur Erreichung eines recht sicheren Resultates zweckmäßig, beide Wege zu verfolgen. Für beide Untersuchungen sind zunächst zarte Längsschnitte senkrecht und zwar genau durch die Mitte der Stammspitze geführt, nothwendig. Wenn der Schnitt so ist, wie er sein muß, so wird man die Stammspitze, gleichgültig ob von einem Keimling oder aus einer Knospe, als kleine mehr oder weniger kegelförmige, von einem Epithelium bekleidete, vollkommen geschlossene Erhebung und unter derselben ein aus kleinen, mit körnigen Stoffen erfüllten Zellen bestehendes Gewebe (Urparenchym), dessen Inhalt sich durch Jod hochgelb färbt, finden. Dieses Gewebe verliert sich etwas tiefer in die verschiedenen

Gewebearten des Stammes und steht demnach auch mit dem Cambiumring in directem Zusammenhang. In letzterem entstehen aber die ersten Gefäßbündel und durch ihn bilden sie sich weiter, deshalb zeigt sich am Zweig, der sich von unten nach oben entwickelt, nach abwärts eine weitere Ausbildung der Gefäßbündel, was bei der Entfaltung der Zweigknospen unserer Laubbäume so schön nachweisbar ist. Bei einem sehr gelungenen Längsschnitt durch die Spitze eines jungen Zweiges kann man darum von oben nach unten das Alter der Zellen genau studiren (um so tiefer selbige liegen, um so mehr sind sie, sowohl in ihrer Länge und Breite als auch in dem Grade ihrer Verdickung entwickelt). Behandelt man einen solchen Schnitt mit Jod und

Fig. 44.

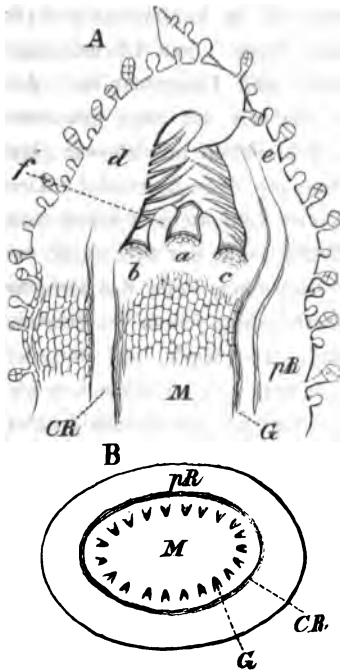


Fig. 44. *A* Längsschnitt durch den Stamm der im Keimen begriffenen Kastanie (*Castanea vesca*). *a* Die Endknospe; *b u. c* die Achselknospen der ersten Blätter *d u. e*; *f* ein noch jüngeres Blatt; *CR* der Cambiumring; *M* das Mark; *pR* die primäre Rinde; *G* der Holztheil der Gefäßbündel. *B* Der Querschnitt, die Bezeichnung gleichlautend (Vergrößerung 20mal).

Schwefelsäure, so färben sich die unteren Theile desselben augenblicklich blau, während die oberen erst allmählig und durch die verschiedensten Nüancen von Gelb, durch Roth und Violett zu dieser Farbe gelangen und das kegelförmige Ende des Stammes erst nach einigen Stunden durch Chlorzink-Jodlösung blau gefärbt wird.

Unter diesem kegelförmigen Stammende (dem Vegetationskegel oder dem Punctum vegetationis) sieht man bei ganz gelungenen Schnitten zu beiden Seiten andere kleine zellige Erhebungen, die mit demselben Epithelium wie der Vegetationskegel bekleidet sind, und aus demselben Gewebe wie der letztere bestehen. Je weiter man am Stamm abwärts geht, um so mehr entwickelt erscheinen diese Erhebungen, in denen man sehr bald die Anfänge der Blätter erkennt.

Häufig erscheint bald nach dem Auftreten dieser Blattanfänge und zwar in der Achsel derselben, eine ähnliche warzenförmige Erhebung, welche zur Achselknospe wird (Fig. 44). Das junge Blatt entwickelt sich in der Regel unverzüglich, die Knospe in seiner Achsel dagegen ruht längere oder kürzere Zeit und bildet sich dann erst zum Zweig oder zur Blüthe heran.

Eine Achselknospe besteht anfänglich aus einer kegelförmigen Erhebung, welche sich verlängert und zum Stammtheil der Knospe wird, unter dessen Spitze Blattanlagen entstehen, welche in der

Regel zu Deckschuppen der Knospe werden (Fig. 45). So ruht dieselbe eine Zeit lang, dann bildet ihr Stammtheil neue Blätter, die entweder unter dem Schutze der Deckschuppen überwintern (bei den Laub- und Blüthenknospen, welche im Frühjahr hervorbrechen) (Fig. 46), oder ohne eine längere Ruhezeit sich sofort vollständig ausbilden (bei den Blatt- und Blüthenknospen der einjährigen Pflanzen, bei welchen auch die eigentlichen Deckschuppen fehlen). Die Blüthenknospen

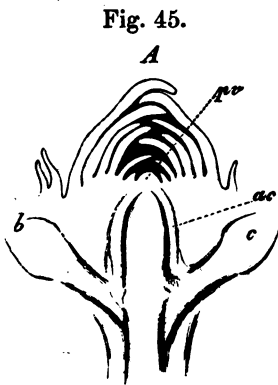
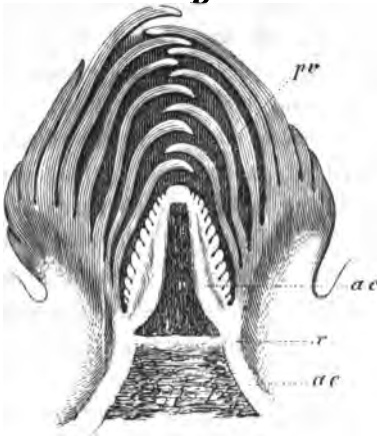


Fig. 45.

Fig. 45. Längsdurchschnitt durch die Endknospe eines Tannenzweiges, am 27. Juli untersucht; *ac* der Verdickungsring des Zweiges; *b* u. *c* das Mark, den beiden Seitenknospen angehörig; *pv* der Vegetationskegel der geschlossenen Knospe (Vergrößerung 12 mal).

Fig. 46.

B



sind anfänglich von den Blattknospen nicht zu unterscheiden.

Außer der Endknospe und der Achselknospe kennen wir noch die Nebenknospe, welche am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel entspringt oder sich im Blattparenchym, z. B. bei Bryophyllum und vielen Farnkräutern bildet und die ebenfalls zu Anfang aus einer kleinen kegelförmigen Erhebung besteht, und endlich die Theilungsknospe, welche durch die Theilung des Vegetationskegels

aus einer einfachen Knospe hervorgeht. Durch die letzte Art der Knospenbildung verzweigt sich der Stamm von Selaginella, ferner das Rhizom von Epipogon und Corallorrhiza. Der Vegetationskegel eines Zweiges spaltet sich hier in zwei oder mehrere Theile, deren jeder zum besonderen Zweige wird. Die beiden Blüten in der Cupula der Buche<sup>1)</sup> entstehen gleichfalls auf diese Weise.

Für die Entwicklungsgeschichte der Knospe sind die Zeitbestimmungen unerlässlich. Man erfährt durch selbige, wie lange eine Knospe braucht, um sich nach ihrem ersten Auftreten zum Zweig oder zur Blüthe zu entwickeln, und wird hierin bei den verschiedenen Pflanzen wesentliche Unterschiede finden. So wird die Knospe, welche den Zapfen der Tanne bildet, im Spätsommer mit der Nadel, in deren Achsel sie auftritt, angelegt; im Frühjahr darauf bildet sie ihre Deckschuppen und im Sommer entsteht unter dem Schutze derselben die Anlage zum Zapfen, welcher erst im folgenden Frühjahr aus seinen Deckschuppen hervorbricht und sich im

Fig. 46. Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges derselben Tanne, am 26. August untersucht; *ac* der Verdickungsring; *pv* der Vegetationskegel der Knospe nunmehr auf dem jungen Trieb des kommenden Jahres; *x* die Grenze zwischen dem jungen Trieb und dem Zweig (Vergrößerung 12 mal).

<sup>1)</sup> Man vergleiche den Abschnitt III meiner Beiträge zur Anatomie u. s. w. über die Entwicklungsgeschichte der Cupuliferenblüthe.



Sommer zum Zapfen entwickelt<sup>1)</sup>. Selbst zwei Knospen, welche neben einander in der Achsel eines und desselben Blattes entstehen, entfalten sich bei vielen Pflanzen in verschiedener Weise und zu verschiedener Zeit, wofür die Linde und der Weinstock Beispiele geben.

Zur Untersuchung aller Knospen sind ausser dem Längsschnitte noch Querschnitte in verschiedenen Höhen nothwendig. Durch den Längsschnitt erfährt man den Zusammenhang der Gefäßbündel der Knospe mit den Gefäßbündeln des Stammes oder der Wurzel, aus denen sie hervorgeht; durch Querschnitte lernt man dagegen die Stellungsverhältnisse der Blätter und die Blattlage in der Knospe kennen.

Stellt man zarte Querschnitte dicht unter dem Vegetationskegel eines jungen Zweiges dar, so wird man bei dicotyledonen Pflanzen zuerst einen Ring zartwandiger Zellen gewahr, welcher Mark und Rinde scheidet; etwas tiefer erblickt man in diesem Ringe, den ich Cambium- oder Verdickungsring nenne, und der schon im Keime der Dicotyledonen vorhanden ist, mehrere von einander getrennte Cambiumbündel; in letzterem bilden sich darauf, wie schon S. 146 angegeben, zuerst enge Spiralgefäße, die anfänglich kaum von den Cambiumzellen zu unterscheiden sind. Noch etwas später sondern sich darauf die Theile schärfer und treten an der Außenseite des Cambium Bastzellen auf; die Gefäßbündel breiten sich aus und das Gewebe, welches sie anfänglich trennte, verschwindet als solches bis auf einen geringen Ueberrest, den wir in den Markstrahlen wiedererkennen. So ist ein geschlossener Holzring entstanden, der alljährlich durch den Cambiumring im Umfang zunimmt, indem sich vom Cambium aus nach innen neues Holz und nach außen neue Rinde bildet. — Bei den Monocotyledonen, wo das Cambium der Gefäßbündel nicht mit dem Cambiumring zusammenfällt (S. 127), wächst der Stamm zwar gleichfalls in die Dicke, aber seine Gefäßbündel verdicken sich nicht, sie verzweigen sich dagegen im Verdickungsring und ihre Zahl vermehrt sich deshalb mit dem Dickenwachsthum des Stammes (bei dem Drachenbanne und bei vielen Palmen). — Wenn die Thätigkeit des Verdickungsringes aufhört, ist auch die Verdickung des Stammes oder der Wurzel beendigt.

<sup>1)</sup> Man vergleiche hierüber Abschnitt XI meiner Beiträge zur Anatomie u. s. w. Ueber die Entwicklung der Knospen bei den Coniferen.

Für die Bildung des jungen Holzes sind Quer- und Längsschnitte nach zwei Richtungen, im Frühjahr und Sommer angestellt, nothwendig; die Schnitte müssen äußerst zart und muß namentlich das Cambium recht glatt durchschnitten sein. Es ist bisweilen vortheilhaft, die frischen Schnitte für einige Minuten in verdünnte Kalilauge zu legen, wodurch die Cambiumzellen häufig klarer werden; auch Oelsüßs möchte von Nutzen sein. In den jungen Holzzellen von Pinus und Picea wird man sowohl eine deutliche Spirale, als auch das allmähliche Entstehen der Tüpfel als Porencanäle mit erweitertem Grunde beobachten können (Fig. 17. S. 97).

Der vorhin für die Bildung des Stammes und der Blätter besprochene sehr zarte Längsschnitt aus der Spitze eines ganz jungen Zweiges giebt auch über das Entstehen der Gefäßbündel genügend Auskunft. Man sieht wie die Cambiumbündel aus dem kleinzelligen Gewebe unterhalb des Vegetationskegels (dem Urparenchym) hervorgehen und wie wieder aus ihren Cambiumzellen die Gefäß- und Holzzellen, Siebröhren und Bastzellen u. s. w. entstehen und kann vom Vegetationskegel nach abwärts gehend, bei sehr gelungenen Schnitten die weitere Ausbildung dieser Zellen verfolgen und namentlich in den Gefäßzellen das ganz allmähliche Auftreten der für sie eigenthümlichen Verdickungsbänder wahrnehmen, bis durch das Eintreten der Verholzung in den Zellen der Gefäßbündel die Bildung der Spiralgefäße aufhört und auch das Längswachsthum des Theiles selbst beendigt ist. Man sieht ferner wie eine Zellenvermehrung zunächst in dem Gewebe unterhalb der Stammspitze und im Cambiumring der dicotyledonen Pflanzen stattfindet, wie dagegen das Wachsthum der vom Vegetationskegel entfernteren Theile, vornämlich auf einem Größerwerden der Zellen und zwar besonders auf einer Längsstreckung derselben beruht und wird desgleichen das Verhältniß der Gefäßbündel im Stamm zu den mit ihnen zusammenhängenden Bündeln im sich entwickelnden Blatte erfahren (S. 145). — Zellenvermehrung und Zellenausdehnung sind überhaupt zwei wesentlich verschiedene Dinge, welche man für die Entwicklungs-Geschichte sehr genau unterscheiden muß.

Die Entwicklungsweise der Endknospen, welche einen Zweig verlängern und der Achselknospen, die einen neuen Zweig bilden, ist wenig von einander verschieden, wofür unsere Nadelhölzer, deren

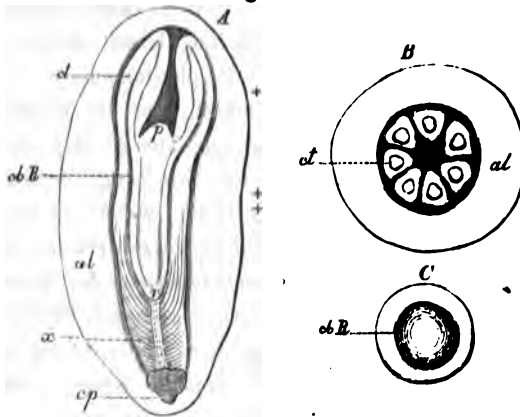
Knospen zu verschiedener Zeit untersucht werden müssen, genügende Beispiele geben. Aber auch die Zweig- und Blütenknospen dieser Bäume sind ursprünglich nicht verschieden und bei der Tanne nur durch die ganz bestimmte Stellung derselben erkennbar. Die Knospen der männlichen Blüthe erscheinen nämlich als Achselknospen an der Unterseite eines Gipfelzweiges gesellig, die Zapfenknospe dagegen tritt einzeln an der Oberseite eines Gipfelzweiges auf und die Zweigknospen liegen zu drei als Endknospe und zwei Achselknospen an der Spitze jedes Zweiges. Für die Bildung der Nebenknospen giebt es überall keine bestimmte Oertlichkeit; sie können am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel, aber auch im Blattgewebe einiger Pflanzen, in unmittelbarer Nähe der Gefäßbündel entstehen und ist eine von den Gefäßbündeln unabhängige Bildung derselben bisher nur am Stamme der *Begonia Moehringii* und *B. phyllomaniaca* beobachtet worden. Am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel zeigt sich zuerst nach der Seite der Rinde eine aus kleinen mit körnigem Protoplasma erfüllten Zellen bestehende Erhebung, die sich kegelförmig mehr und mehr vergrößert und die Rinde, welche sie umgiebt, zusammendrängt, um bald darauf aus ihr hervorzubrechen. In manchen Fällen bildet solche Nebenknospe noch innerhalb der Rinde unter ihrem Vegetationskegel die ersten Blätter. Die ersten Gefäße im Cambiumring der Nebenknospe aber erscheinen immer zuerst in der unmittelbaren Nähe des Gefäßbündels, an dem die Knospe entstanden ist.

Die Seitenwurzeln einer Hauptwurzel, desgleichen die Nebenwurzeln, welche hier und da am Stamme entstehen, bilden sich genau wie die Nebenstammknospen, unterscheiden sich aber durch die frühzeitige Bildung der Wurzelhaube über dem Vegetationskegel der jungen Wurzel. Wenn letztere die Rinde durchbricht, ist diese Wurzelhaube schon vorhanden. Das Entstehen der Seiten- oder Nebenwurzeln verfolgt man dazu leichter als die Bildung der Nebenstammknospen, welche ungleich seltener vorkommt, und sich am sichersten an der Wurzel von *Monotropa*, deren Blütenstände aus Nebenknospen hervorgehen, beobachten läßt. Für die Entwicklungsgeschichte der Seitenwurzeln ist nämlich jede üppig vegetirende Wurzel mit nicht abgestorbener Oberhaut brauchbar, auch sieht man die jungen, noch in der Rinde liegenden, Seitenwurzeln meistens schon als kleine Erhebungen durchschimmern und wird auf dem-

selben Längsschnitt nicht selten verschiedene Entwicklungszustände neben einander antreffen. Die frischen Wurzeln von *Abies*, *Alnus*, *Phoenix* u. s. w. sind namentlich zu empfehlen.

Die Entwicklung der Haupt- oder Pfahlwurzel verfolgt man dagegen am besten bei der Entwicklung des Embryo der Dicotyledonen, wofür die Nadelhölzer vorzugsweise geeignet sind. Ihre walzenförmige Keimachse endigt nach der einen Seite mit der Plumula, als Stammknospe, und nach der anderen mit der Radicula, als Wurzelknospe. Man stellt sehr zarte Längsschnitte genau durch die Mitte der Keimachse dar und findet den Vegetationskegel der

Fig. 47.



Wurzelknospe von einer sehr entwickelten Wurzelhaube bedeckt, welche durch einen centralen, durch die ganze Haube verlaufenden Strang mit dem Urparenchym des Vegetationskegels zusammenhängt (Fig. 47).

In derselben Weise erscheint auch die Wurzelhaube über dem Vegetationskegel der Nebenwurzel, dieselbe sei nun am Cambiumring des Stammes oder der Wurzel entstanden, nur ist der Grad ihrer Ausbildung nach den Pflanzen sehr verschieden. Bei den Nadelhölzern ist sie am stärksten entwickelt. An der Spitze ganz frischer Wurzeln erkennt man dieselbe mit der Lupe an ihrer bräunlichen Färbung. Die Lemna-Arten aber zeigen die Wurzelhaube als Kappe schon mit unbewaffnetem Auge. Bei den Pandanus- und einigen *Dracaena*-Arten kann man ihre Fortdauer mit dem Wachs-

Fig. 47. Der Kern des reifen Samens der Kiefer (*Pinus silvestris*). A Längsschnitt durch die Mitte desselben; *al* das Sameneiweiß; *cbR* der Verdickungsring; *ct* ein Samenlappen; *cp* Ueberrest der Corpuscula; *r* Vegetationskegel der Wurzelanlage; *p* Vegetationskegel der Stammknospe (plumula). B Querschnitt durch den Kern in der Höhe von *A*<sup>+</sup>; *al* und *ct* wie oben. C Querschnitt durch den Keim in der Höhe von *A*<sup>+</sup>; *cbR* der Verdickungsring (30 mal vergrößert).

thum der Wurzelspitze deutlich erkennen, indem von außen her die älteren Schichten derselben absterben, während sich von innen neue bilden, wodurch die Wurzelhaube immer dicker wird. Wenn der Längsschnitt nicht genau durch die Mitte der Wurzelhaube geführt ist, so vermisst man den centralen Zellenstrang, der selbige mit dem Urparenchym der Wurzelspitze verbindet (Fig. 48) und darauf gründen sich die unrichtigen Darstellungen, welche hier und da von der Wurzelhaube gegeben werden <sup>1)</sup>. Alle von mir sorgfältig untersuchten Wurzelspitzen zeigen diesen centralen Strang, dessen zartwandige Zellen häufig Stärkmehl enthalten (bei *Limodorum*).

Während der Stamm sich zunächst durch Achselknospen und nur in seltenen Fällen durch Nebenknospen verzweigt, bildet die

Wurzel ihre Verzweigungen entweder durch Theilung ihrer Spitze, bei den getheilten Orchisknollen, ungleich häufiger aber durch Nebenwurzelnknospen, die im Cambiumring der Hauptwurzel entstehen (Fig. 49). Die Anordnung

Fig. 48.

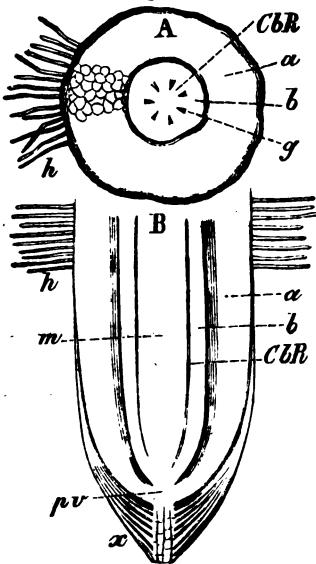


Fig. 49.

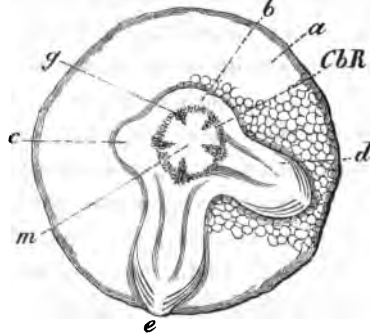


Fig. 48. *Alnus glutinosa*. A Querschnitt einer jungen Seitenwurzel; a äußerer Theil der primären Rinde; b innerer Theil derselben; CbR Cambiumring; g Gefäßbündel; h Wurzelhaare. B Längsschnitt durch dieselbe Wurzel; m das Mark; pv der Vegetationskegel; x die Wurzelhaube (20 mal vergrößert).

Fig. 49. Querschnitt durch eine junge Wurzel von *Alnus glutinosa*. a Der äußere Theil der primären Rinde; b der innere Theil; CbR der Cambiumring; c, d u. e junge Seitenwurzeln, welche nur da entstehen, wo ein Gefäßbündel (g) liegt (400 mal vergrößert).

<sup>1)</sup> CASPARY, von *Hydrilla verticillata*. Pringsheims Journ. Bd. I. Taf. 26. Fig. 30.

der Gefäßbündel in der letzteren bedingt hier zunächst den Ort ihres Auftretens, da nur in der unmittelbaren Nähe eines solchen deren Bildung möglich ist. — Während die Stellung der aus Achselknospen entsprungenen Zweige durch die Blattstellung am Stamme geregelt wird, wird die Bildung der Seitenwurzeln an der Wurzel selbst durch den Gefäßbündelverlauf bedingt (die Keimpflanze von Juglans, desgleichen *Beta vulgaris*, bei welcher alle Seitenwurzeln mit den beiden im Centrum der Rübe liegenden Gefäßbündeln im Zusammenhang stehen und deshalb in zwei sich gegenüber liegenden Längsreihen verlaufen). Auf dem Querschnitt einer älteren Wurzel kann man, mit Ausnahme von *Beta*, das Alter der Seitenwurzeln nach ihrem Ursprung im Holzring erfahren; je näher derselbe dem Centrum liegt, um so älter, je näher dem Cambiumringe, um so jünger ist die Seitenwurzel und gilt dasselbe auch für die aus Nebenknospen entsprungenen Zweige. (Die anatomischen Verhältnisse der Wurzel sind S. 150 näher besprochen.)

### G. Untersuchungsgang für das Blatt.

Für die Untersuchung der Blätter bedarf es zunächst zarter Quer- und Längsschnitte durch dieselben, welche bei nicht sehr fleischigen Blättern am besten zwischen Fliedermark dargestellt werden (S. 43). Auch eignet sich dasselbe Verfahren zur Untersuchung der Oberhaut saftreicher und dicker Blätter, welche alsdann mit einigen unter ihr liegenden Zellschichten zwischen Fliedermark in den Schraubstock gespannt wird. Dicke lederartige Blätter kann man schon aus freier Hand zerschneiden.

Bei dem Blatte hat man zunächst auf die Oberhaut desselben; ob beide Blattseiten eine gleiche oder eine verschieden gebaute Epidermis mit oder ohne Spaltöffnungen besitzen, zu achten. Den Bau der letzteren erfährt man bei regelmäßiger Stellung derselben durch den Querschnitt, und durch Betrachtung der abgelösten Oberhaut von oben. Wo die letztere nicht mit den Blattnerven verbunden ist, läßt sie sich mittelst der Pincette abziehen (von der Unterseite der Farnkräuter, desgleichen bei den Fettpflanzen), im anderen Falle muß man das Messer anwenden. Für die Spaltöffnungen ist weiter auf ihre Lage und Anordnung, ob sie über die ganze Fläche oder nur an gewissen Stellen der Oberhaut vorhanden sind, ob sie alle in der-

selben Richtung liegen oder ob sie unregelmäßig vorkommen, ob sie mit der Oberhaut in einer Höhe oder unter derselben auftreten u. s. w. zu sehen. Das Verhalten der Cuticula erfährt man auf sehr zarten Querschnitten durch Behandlung mit Chlorzink-Jodlösung und durch Anwendung concentrirter Schwefelsäure, desgleichen durch Kochen mit Aetzkali und durch die Maceration nach SCHULZ. Man erkennt durch ein solches Verfahren, daß die sogenannte Cuticula der meisten Autoren zweierlei Dinge umfaßt, daß sie nach außen aus einer structurlosen Ausscheidung der Oberhautzellen, nach innen dagegen aus den chemisch veränderten äußeren Schichten der Oberhautzellen selbst besteht. Beide sind meistens so innig verbunden, daß sie durch concentrirte Schwefelsäure und Maceration nicht von einander getrennt werden. Durch Kochen mit Aetzkali fallen dagegen die einzelnen Oberhautzellen (bei *Gasteria obliqua*, *Phormium tenax*, *Viscum album*) aus einander, während sich das Secret der Oberhaut, die eigentliche Cuticula, körnig auflöst. (Eine vergleichende Untersuchung junger und alter Blätter ist hier sehr empfehlenswerth) (S. 121).

Auch die Bekleidung der Oberhaut durch Haare, und die Einfügung sowie der Bau dieser Haare ist zu beachten; ferner wird die Anordnung des Blattparenchyms und die Vertheilung der Gefäßbündel, als Blattnerven in demselben wichtig. Wohl selten (bei

*Viscum*) wird das Blattparenchym der oberen Seite in seiner Anordnung dem der unteren entsprechen. In der Regel ist das Parenchym derjenigen Blattseite, welche keine Spaltöffnungen besitzt, dichter und meistens pallisadenförmig gestellt, während das Parenchym der anderen Hälfte häufig große, mit Luft erfüllte Räume zwischen sich läßt (Fig. 50). Auch der Zell-

Fig. 50.

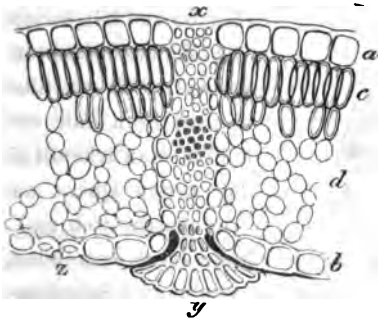


Fig. 50. Querschnitt durch eine kleine Partie der Blattfläche von *Betula alba*. *a* Die Oberhaut der Oberseite ohne Spaltöffnungen; *b* die Oberhaut der Unterseite mit Spaltöffnungen (*x*); *c* das Pallisadenparenchym; *d* das lockere, schwammförmige Parenchym; *x* ein Gefäßbündel als secundärer Seitennerv; *y* eine drüsenartige Schuppe (Vergrößerung 200 mal).

inhalt des Blattparenchyms und der Oberhaut verdient Beachtung. Für die Untersuchung des Blattstieles gilt alles soeben Gesagte. Durch auf einanderfolgende Querschnitte erkennt man in ihm die Stellung und Zahl der vom Zweig ins Blatt übertretenden Gefäßbündel und

die Weise ihrer weiteren Zertheilung zur Bildung der Blattnerven.

Für die Blätter der Nadelhölzer ist das Vorkommen, der Bau, die Zahl und die Lage der Harzgänge zu beachten, welche namentlich bei der Tanne sehr entwickelt und durch Quer- und Längsschnitte nachzuweisen sind (Fig. 51).

Bei vielen Urticeen (*Urtica*, *Ficus*) kommen in bestimmten Zellen des Blattes traubenförmige, von einem Stiel getragene, Körper vor (Fig. 52 und 53), welche aus Zellstoffschichten bestehen, die reichlich kohlensauren Kalk enthalten. Man erkennt sie auf zarten Quer- und Längsschnitten und kann durch Anwendung verdünnter Salzsäure den kohlensauren Kalk entfernen. Bei den Acan-

Fig. 51.

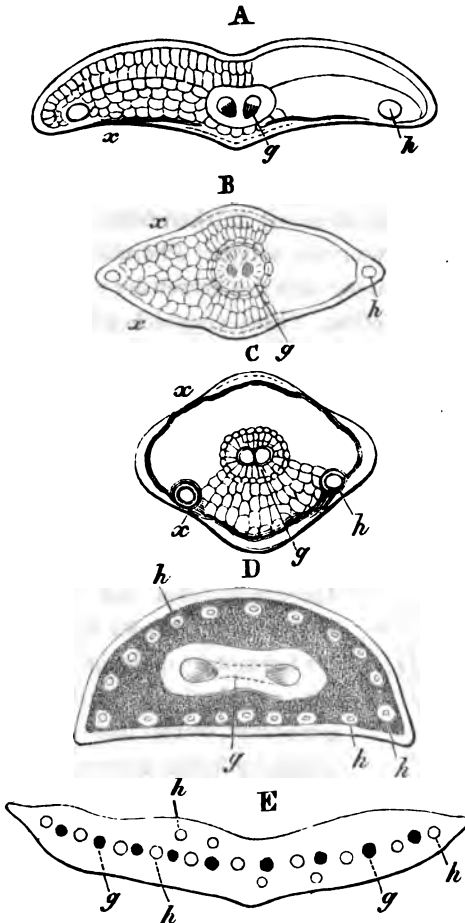


Fig. 51. Querschnitt durch die Blätter der Nadelbäume. *A* *Abies pectinata*; *g* Gefäßbündel; *h* Harzgänge; *x* diejenige Partie, wo die Spaltöffnungen liegen. *B* *Larix europaea*. *C* *Picea vulgaris*. *D* *Pinus silvestris*. *E* *Araucaria brasiliensis* (Vergrößerung 20mal).



thaceen finden sich im Blatt und Stengel ähnliche oft donnerkeilförmige Körper<sup>1)</sup>.

Fig. 52.

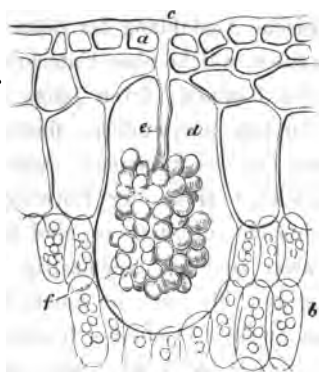
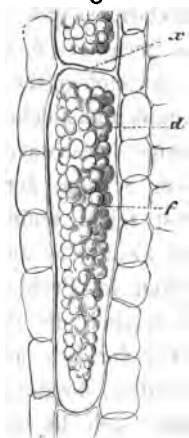


Fig. 53.



Die Lebermoosblätter bestehen nur aus einer einzigen Zellschicht und auch bei Sphagnum ist nur eine Schicht vorhanden, doch sind die Zellen selbst hier von verschiedener Art, indem größere mit einem Spiralbände und mit, durch Resorption entstandenen, wirklichen Löchern verschene Zellen von engeren stärker verdickten Zellen sehr regelmäfsig umfasst werden. (Das Sphagnum-Blatt gehört zu den zierlichsten Objecten.) Die Laubmoosblätter haben einen aus mehreren Zellschichten bestehenden Mittelnerv. Querschnitte erhält man bei einiger Uebung zwischen Fliedermark und kann durch Behandlung der isolirten Blätter mit concentrirter Schwefelsäure die Cuticula als äußerst zartes Häutchen nachweisen (S. 121).

Fig. 52. Partie aus dem zarten Querschnitt eines Blattes von *Ficus elastica*. *a* Die Zellen der Oberhaut; *b* mit Chlorophyllkörnern erfüllte Zellen des mittleren Blattgewebes; *c* der Ort, wo das Stielchen *e* entspringen ist; *d* die große Zelle, welcher dasselbe angehört; *f* der traubenförmige Körper (300 mal vergrößert).

Fig. 53. Partie aus dem zarten Längsschnitt durch den Stengel von *Justicia sanguinea*. *f* Der donnerkeilförmige Körper; *d* die Zelle, welcher derselbe angehört; *x* die Scheidewand, an welcher er vormals durch ein Stielchen befestigt war (100 mal vergrößert).

<sup>1)</sup> SCHACHT, Die Traubenkörper bei den Urticeen u. s. w. Verhandlungen der Senckenbergischen Stiftung 1854.

Für die Entwicklungsgeschichte der Blätter dient am besten der Längsschnitt durch die Mitte einer Endknospe und sind um die ersten Anlagen derselben als kleine warzenartige Erhebungen unter dem Vegetationskegel zu sehen, so ziemlich alle nicht behaarten Pflanzen geeignet (S. 161). Wenn es sich aber um die allmähliche weitere morphologische und anatomische Ausbildung der Blätter handelt, so muß man solche Knospen wählen, welche ohne Unterbrechung zum Zweige heranwachsen. Bei den Bäumen, deren junge Triebe unter dem Schutze der Knospenschuppen überwintern, findet man im Herbst schon sämtliche Blätter für das kommende Jahr angelegt und zwar alle auf nahebei gleicher Höhe der Entwicklung. Wenn dann im Frühjahr der Trieb sich entfaltet, so sind in kürzester Zeit auch die Blätter und zwar ziemlich gleichzeitig ausgebildet. Bei der Erle und Birke dagegen, die auch im Sommer neue Blätter treiben, desgleichen bei dem zweiten Triebe der Bäume überhaupt, läßt sich die allmähliche Ausbildung der Blätter, weil an demselben Zweige verschiedene Stadien vorkommen, ungleich besser verfolgen. Man beginnt natürlich mit dem ersten Hervortreten des jüngsten Blattes unter dem Vegetationskegel der Knospe, beachtet dann bei dicotyledonen Pflanzen die Entstehung des Mittelnervs und das Absterben der Spitze des Blattes und darauf die Ausbildung der Blattfläche nach beiden Seiten des Mittelnervs und das Entstehen der ersten Seitennerven vom Mittelnerv aus, desgleichen den Zusammenhang der Zähne des Randes mit diesen Seitennerven und das zeitige Absterben dieser Zähne u. s. w. Längsschnitte allein werden hier nicht ausreichen; man muß, namentlich in den schon etwas weiteren Stadien, die jungen Blätter selbst unter dem Simplex ablösen und sie, von oben gesehen, auf ihre Fläche betrachten, wozu geringe Vergrößerungen anwendbar sind. Behaarte Blätter sind, wegen der Luft, die sich zwischen ihren Haaren fängt, für derartige Untersuchungen wenig geeignet. Für die zusammengesetzten gefingerten Blätter kann ich die Rosskastanie und für die gefiederten die Rose empfehlen, der Ahorn und der wilde Wein sind für die einfachen, aber tief zertheilten Blätter geeignet. Wenn man den zweiten oder Angusttrieb für diese Untersuchungen anwendet, wird man auch häufig Gelegenheit haben, den ganz allmählichen Uebergang der Deckschuppen in die eigentlichen Laubblätter wahrzunehmen, auch wird man bei den mit Nebenblättern versehenen Blättern das Entstehen der letzteren

Fig. 54.

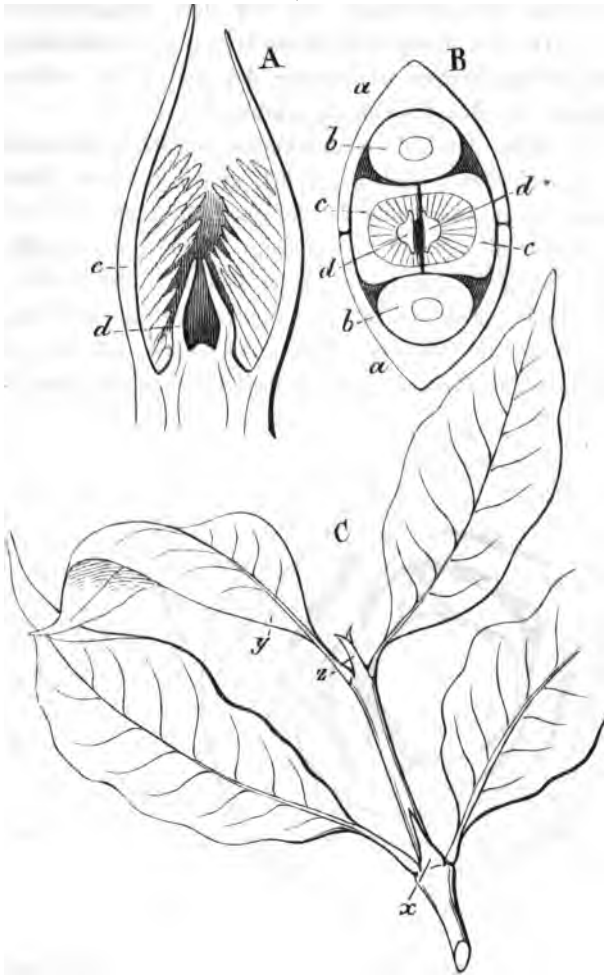


Fig. 54. *Coffea arabica*. *A* Längsschnitt durch die Endknospe eines Zweiges; *d* das jüngste Laubblatt; *c* das Schutzblatt desselben mit langen, Harz aussendenden Drüsen besetzt. *B* Der Querschnitt einer anderen Knospe; *a* Schutzblatt; *b* Laubblatt, die Drüsen der Schutzblätter sind bereits abgefallen; *d* und *c* wie bei *A* (Vergrößerung beider Figuren 40mal). *C* Ein junger Zweig; *x* das ehemalige Schutzblatt des Blattes *y*; *z* Schutzblatt des künftigen Stengelgliedes. — Durch eine Drehung des Stengelgliedes stehen am Zweige die Blätter zweizeilig, während sie der Knospenlage nach alterniren müßten.

bald nach der Anlage des Mittelblattes, aber zugleich auch deren Zurückbleiben für eine lange Zeit vor dem letztgenannten beobachten. — Die morphologische Entwicklung des zusammengesetzten monocotyledonen Blattes ist anderer Art und schon mit unbewaffneten Augen bei den Palmen zu verfolgen<sup>1)</sup>.

Querschnitte durch die Stammknospe vor ihrem Aufbrechen und zwar in verschiedenen Höhen geführt, geben die beste Einsicht für die gesetzmäßige Anordnung der jungen Blätter um ihre Achse, aus welcher später die ebenso regelmässige Blattstellung resultirt. Für die gegenständige Blattstellung eignen sich die Fohrkastanie, die Siringa und Coffea (Fig. 54), für die  $\frac{1}{2}$  Stellung ist Vitis und Ampelopsis, desgleichen für die  $\frac{1}{3}$  Stellung Alnus und Betula, und für die  $\frac{2}{5}$  Stellung (Quincuncial-Stellung) Quercus als Beispiel zu empfehlen (Fig. 55).

Fig. 55.

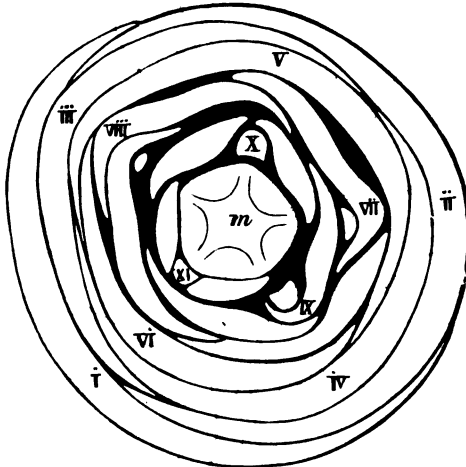


Fig. 56.

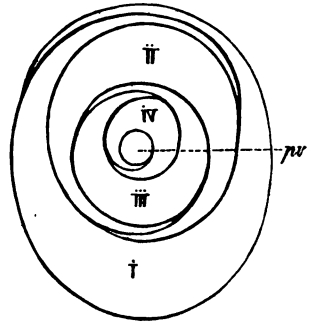


Fig. 55. Querschnitt durch die Blattknospe von Quercus. i—vi Knospenschuppen, vii—xi Laubblätter mit zwei Nebenblättern. Das Stellungsgesetz, ein  $\frac{2}{5}$  Spirale, bleibt bei beiden dasselbe; m das fünfeckige Mark (Vergrößerung 30 mal).

Fig. 56. Querschnitt durch die Endknospe von Saccharum officinarum. i—iv die dem Alter nach auf einander folgenden Blätter; pv der Vegetationskegel (Vergrößerung 10 mal).

<sup>1)</sup> Mein Lehrbuch II. S. 104. Desgl. mein Baum S. 140. — A. W. EICHLER, Zur Entwicklungsgeschichte des Blattes mit besonderer Berücksichtigung der Nebenblattbildung. Marburg 1861.

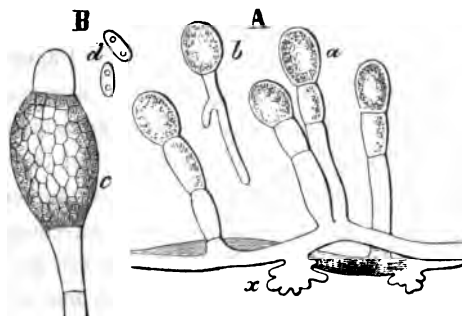
Für stengelumfassende Blätter mit  $\frac{1}{2}$  Stellung und abwechselnd links und rechts gewundener Spirale sind wieder die Knospen der Gräser geeignet (Fig. 56). — Für diejenige Blattstellung, bei welcher auch die Richtung der Spirale zu berücksichtigen ist, darf man die Umkehrung des Bildes durch das Mikroskop nicht außer Acht lassen, dagegen wird mittelst des Zeichenprisma's mit einmaliger Brechung das Bild in richtiger Stellung auf das Papier entworfen.

### H. Untersuchungsgang für die stammlösen Kryptogamen.

Bei den niederen Pilzen, deren Mycelium aus einem unregelmäßigen Gewirre verzweigter Zellenfäden besteht, genügt ein Entwirren dieser Fäden vermittelt der Nadel. Bei parasitischen Pilzen dagegen, deren Fadenlager im lebendigen Gewebe einer anderen Pflanze nistet, müssen sehr zarte Querschnitte durch das letztere in geeigneter Weise (S. 43) dargestellt werden und hat man darauf zu achten, ob die Zellenfäden des Schmarotzerpilzes die Wand der Zellen ihrer Nährpflanze durchbrechen, oder ob sie in den Interzellularräumen verlaufen. Wenn letzteres stattfindet, ist oftmals eine Entfernung der Interzellularräume durch Erwärmen des Querschnittes mit Kalinotwendig, worauf sich die Parenchymzellen des Gewebes mit der Nadel unter dem Simplex entfernen lassen und sich das im Interzellularräume verlaufende Pilzmycelium isoliren läßt (bei *Uredo Betae*, auf den Blättern der Runkelrübe). Wenn dagegen die Wandung der Zellen von Pilzfäden durchbrochen ist, so wird durch Anwendung von Carminlösung die Art, wie der Pilz sich seine Wege bahnt, am besten nachgewiesen. Die Endigungen des letzteren, welche sich an die Zellwand legen, zeigen nämlich eine viel höhere Färbung und sind auch in der Regel stärker angeschwollen, sie drängen sich darauf mit einer verengerten Spitze durch die Wand der Zellen. Bei verholzten Geweben gehen die Pilzfäden durch die Porenkanäle; sie vermögen die verholzte Wand nicht zu resorbieren. Im vorjährigen Laube von *Pellia* und *Preissia*, im älteren Rhizom von *Corallorrhiza* und *Epipogum*, desgleichen in den älteren Wurzeln von *Limodorum* findet man regelmäßig solche Pilze, die auch bei Fäulniserscheinungen, z. B. bei der nassen Fäule der Kartoffelknolle und einer ähnlichen Zersetzung der Zuckerrübe vorkommen. Bevor man die Carminlösung anwendet, ist auch hier entweder ein Erwärmen des Präparates bis zum Sied-

punkt, oder ein Zusatz von Alcohol oder Jodlösung nothwendig (S. 49). (Ich bewahre ein sehr elegantes Präparat von *Beta vulgaris*.) Für die Schmarotzerpilze, deren Mycelium im Gewebe anderer Pflanzen vorkommt, ist weiter auf die Form der Pilzfäden zu achten, zumal durch TULASNE bekannt ist, daß einige derselben in den Zellen der Nährpflanze blasenartige Anschwellungen bilden, welche Fortpflanzungsorgane darstellen, die sich, wie DE BARY gezeigt hat, den Oögonien oder weiblichen Organen der Algen ähnlich verhalten und durch besondere Zellen desselben Pilzfadens befruchtet werden. Diese Beobachtung an einer auf *Stellaria media* wuchernden *Peronospora* gemacht, läßt sich nicht zu jeder Zeit wiederholen<sup>1)</sup>. —

Fig. 57.



Beim Traubenpilz (*Oidium Tuckeri*) hat man auf dessen Haftorgane zu sehen (Fig. 57 x).

Bei allen niederen Pilzen ist außer dem Bau ihrer Myceliumfäden, deren Querwände oft schwer wahrzunehmen sind, und deren Zellkern zu fehlen scheint, noch auf das che-

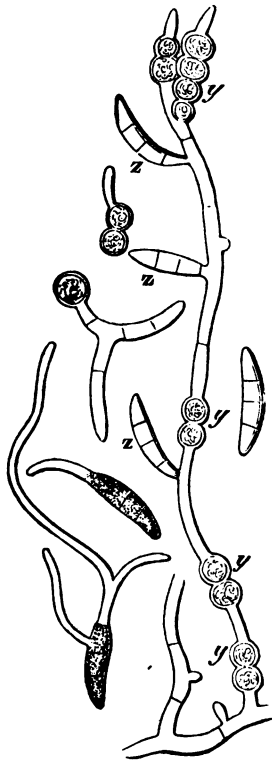
mische Verhalten zu achten. Die Mehrzahl der Pilze wird nämlich durch Jod und Schwefelsäure nicht blau gefärbt und auch von Schwefelsäure nur langsam gelöst; die Wand der *Peronospora*-Arten verhält sich dagegen wie ächter Pflanzenzellstoff. — Die Weite der Fäden ist bei demselben Pilz oft wesentlich verschieden. Pilzmycelien ohne Fructification lassen sich gar nicht bestimmen, und kann

Fig. 57. Der Traubenpilz. A Unter der Form des *Oidium Tuckeri*, wie ich denselben auf Madeira beobachtet habe; a die sich ablösenden *Oidium*-Sporen; x das Haftorgan des Pilzes; b eine keimende *Oidium*-Spore. B, c Die *Cicinobolus*-Frucht des Traubenpilzes, nach v. MOHL's Abbildung copirt; d die Sporen derselben (A ist 400mal, B 450mal vergrößert).

<sup>1)</sup> DE BARY, Ueber die Geschlechtsorgane von *Peronospora*. Botan. Zeitung 1861. S. 89. — Derartige blasenförmige Anschwellungen der Pilze finden sich auch bei *Pellia* und *Preissia* (Taf. IV, Fig. 5 meiner Pflanzenzelle und Taf. III, Fig. 8 meines Lehrbuches).

derselbe Pilz nach den Umständen seines Auftretens und nach der Jahreszeit mit verschiedenen Fructificationsformen erscheinen. Bei der großen Verbreitung der Pilzsporen in der Luft und in allen Niederschlägen aus derselben und bei der Aehnlichkeit der Myceliumfäden verschiedener Pilze unter einander, ist es jedoch sehr gefährlich, aus dem Auftreten zweier Pilzfructificationen, neben oder nach einander, sofort eine Zusammengehörigkeit derselben folgern zu wollen; wenn es dagegen gelingt, an demselben isolirten Faden zwei verschiedene Sporenarten nachzuweisen (Fig. 58),

Fig. 58.



oder wenn sich ausnahmslos und immer in derselben Weise zwei Fructificationsformen folgen, wie dies mit der *Uredo linearis*, welche im Sommer als rother Rost des Getreides und der *Puccinia*, die im Herbst als schwarzer Rost an denselben Halmen vorkommt, desgleichen beim Mutterkorn der Fall ist, so darf man nicht wohl an derselben zweifeln. Wo sich dagegen eine Fructification der am häufigsten vorkommenden Schimmelpilze (*Penicillium*, *Ascophora* u. s. w.) zeigt, so ist dieselbe immer mit großem Mißtrauen zu betrachten, da sie wohl immer als angesät auf einem fremden Pilzmycelium zu betrachten ist. — Selbst die allergrößte Vorsicht durch Bedeckung mit einer Glasglocke u. s. w. schützt vor diesen Eindringlingen nicht; ein Erhitzen bis zum Siedpunkt unter der Glocke aber ist nicht anwendbar, weil mit den Sporen des Schimmelpilzes, dessen Ansiedelung man verhindern will, auch das Mycelium desjenigen Pilzes, dessen weitere Lebensvorgänge man zu erforschen

strebt, getödtet wird. Die Schmarotzerpilze lassen sich nur mit ihrer Nährpflanze beobachten, die Schimmelpilze dagegen kann man sehr

Fig. 58. Ein Pilzfaden aus der naßfaulen Kartoffel, welcher sowohl die kugeligen einzelligen Sporen des *Oidium violaceum* (y), als auch die mehrzelligen länglichen Sporen des *Fusisporium Solani* (z) entwickelt hat, welche beide sehr leicht keimen (Vergrößerung 400 mal).

wohl auf geeigneter Unterlage in feuchter Atmosphäre unter einer Glasglocke cultiviren, und wird, je nachdem das Licht auf dieselben einwirken kann oder nicht, gar häufig verschiedene Formen der Myceliumfäden wahrnehmen. Aus dem Mutterkorn erzieht man im



Fig. 59. Frühjahr, auf feuchten Sand unter der Glasglocke, sehr leicht die gestielte Claviceps (Fig. 59).

Bei den höheren Pilzen, deren Mycelium zu einer bestimmten Gestalt zusammentritt und an eben so bestimmten Orten die Fructification entwickelt, hat man mit einem hohl geschliffenen Rasirmesser Schnitte in geeigneter Richtung durch die verschiedenen Theile des Pilzes zu führen und auf die Gestalt und den Bau der Zellen zu achten. Durch Kochen solcher Schnitte mit Wasser wird man in vielen Fällen die Intercellularsubstanz entfernen und nunmehr durch vorsichtige Anwendung der Nadel die unter einander verschlungenen Zellenreihen entwirren können (*Clavaria*, *Morchella*, *Tuber cibarium*). In der sogenannten Wurzel dieser höheren Pilze, die man sorgfältig von der Erde oder von den Organismen, auf denen sie wächst, durch

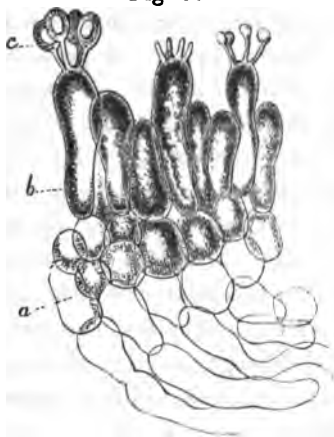


Fig. 60.

den Pinsel unter Wasser zu reinigen hat, wird man ein unregelmäßiges Durcheinanderwachsen der Fäden und darin eine Uebereinstimmung mit dem Mycelium der niederen Pilze finden.

Für die Pilze lassen sich zwei Arten der Sporenbildung unterscheiden. Die eine erfolgt durch Abschnürung einzelner Sporen von dem Mutterschlauch und kann in verschiedener Weise stattfinden, so daß nach einander einzelne (*Peronospora*) oder gleichzeitig viele perl-

Fig. 59. Die aus dem Mutterkorn hervorstehende *Claviceps purpurea* nach TULASNES Abbildung.

Fig. 60. Partie eines Längsschnittes durch die Fruchtblamelle des Fliegenschwammes (*Amanita muscaria*). *a* Uebergang des fadenförmigen Pilzgewebes in runde Zellen; *b* ein Sporenschlauch (*Basidia*); *c* vier Sporen kurz vor der Ablösung von ihrem Sporenschlauch (400mal vergrößert).



schnurartig abgelöst werden (*Penicillium*, *Monilia*), oder eine (*Clavaria*), zwei (*Agaricus*) oder vier (*Amanita*) Sporen neben einander aus dem Mutterschlauch hervortreten und von einem Stiel getragen sich erst später abschnüren (Fig. 60). Die andere dagegen erfolgt im Innern eines Mutterschlauches durch freie Zellenbildung und werden die Sporen später aus einer Oeffnung des Schlauches entlassen (bei *Morchella*, *Peziza*, *Sphaeria*). Die Sporen bestehen im reifen Zustande bei vielen Arten aus mehreren Zellen und sind in diesem Falle zusammengesetzte Sporen (*Sphaeria*, *Fusisporium*), wo jede Zelle ihren Keimschlauch treibt. — Bei vielen Schmarotzerpilzen erscheint die Fructification gesellig in einem Fruchtlager (*Uredo*, *Aecidium*, *Puccinia*), bei den Hutpilzen entwickelt sie sich an der Unterseite des Hutes an der Oberfläche der fächerförmigen Lamellen, bei *Morchella* und *Helvella* erscheint sie dagegen auf der äußeren Fläche des Hutes und bei *Tuber*, *Lycoperdon* u. s. w. im Innern des Pilzes. Die Fructificationsformen selbst sind, namentlich bei den niedrigen Pilzen, mannigfacher Art<sup>1)</sup>.

Die Keimung der Pilzsporen läßt sich in der Regel leicht verfolgen, indem man selbige auf die trockene Objectplatte streut und an einem mäßig warmen Orte auf einer Unterlage von mit Wasser durchtränktem Flanell oder Filz unter einer Glasglocke aufbewahrt. Noch besser ist dagegen der von H. HOFFMANN empfohlene Keimapparat, welcher aus zwei Glasplatten von gleicher Größe<sup>2)</sup> und einer dritten Platte aus mäßig starker Pappe besteht, welche in ihrer Mitte einen fensterartigen Ausschnitt besitzt. Nachdem die Pappe etwa  $\frac{1}{2}$  Stunde lang in kaltem Wasser gelegen und damit durchtränkt ist, wird selbige auf eine der Glastafeln gelegt, während auf die Mitte der anderen die Pilzsporen ausgestreut werden. Sorgfältig wird dann die zweite Tafel umgewendet und auf die durchnäßte Pappe gedeckt. Zum leichteren Auffinden der Mitte hat HOFFMANN mittelst des Diamants von den vier Ecken der oberen Glastafel zwei sich in der Mitte der letzteren kreuzende Linien gezogen. Dieser Keimapparat wird darauf in einem Teller, auf zwei Stäbchen über einer Wasserschicht ruhend und durch eine Glasglocke geschützt, angewendet. Die Keimung zeigt sich oft schon nach 5—6 Stunden,

<sup>1)</sup> BONORDEN, Handbuch der allgemeinen Mykologie. Stuttgart 1851.

<sup>2)</sup> Etwa 2 Zoll lang und 1 Zoll breit. Das fensterartige Loch  $\frac{3}{4}$  Zoll lang und  $\frac{1}{2}$  Zoll breit. H. HOFFMANN in Pringsheim's Jahrbüchern. Bd. II.

bisweilen dagegen erst nach einigen Tagen. Sollte die Pappe zu viel Wasser verloren haben, so kann von der Seite her dasselbe mit einem Pinsel ersetzt werden. Zur täglichen Untersuchung wird die obere, die Pilzaussaat tragende, Glasplatte abgehoben und nach kurzer Frist wieder an ihren vorigen Ort zurückgebracht. Die Aussaat der Pilzsporen auf Blätter u. s. w. läßt sich am besten bei Topfpflanzen, welche durch häufiges Begießen von unten feucht gehalten werden, ebenfalls unter der Glaslocke, mit genauer Bezeichnung der inficirten Theile anstellen. Durch Keimung in Wasser hat DE BARY bei *Cystopus* und einigen *Peronospora*-Arten Schwärmersporen nachgewiesen<sup>1)</sup>.

Der Geschlechtsvorgang ist zwar bei den Pilzen noch nicht mit voller Sicherheit dargethan, allein nach HOFMEISTER'S Untersuchungen für die Trüffel<sup>2)</sup>, wo um die längst bekannten kugeligen Sporenschläuche sich engere Zellenfäden schmiegen und bei der *Peronospora*, wo nach DE BARY ähnliche Zellenfäden eine blasenartige Anschwellung des Myceliums umgeben, scheint sich der bei den Algen und zwar für *Saprolegnia* durch PRINGSHEIM bekannte Vorgang zu wiederholen (S. 189), doch konnten bis jetzt die beweglichen Spermatozoiden nicht beobachtet werden. Andererseits kehrt bei *Syzygites* die Copulation, welche unter den Algen für *Spirogyra* und *Zygnema* bekannt ist, wieder. Ueber die Bedeutung der sogenannten Spermastien, welche bei vielen Pilzen entweder in besonderen Fruchtlagern, oder zwischen den anderen Früchten gefunden werden, und aus sehr kleinen Zellen bestehen, welche sich vom Mycelium ablösen, deren Keimung aber niemals beobachtet ist, müssen weitere Beobachtungen entscheiden.

Auf das Vorkommen des Zellkernes ist bei allen Pilzzellen sehr zu achten, da selbiger nach HOFFMANN nicht vorhanden ist, was ich zum wenigsten für die Sporen van *Helvella* bezweifeln möchte, ob schon derselbe weniger ausgebildet als bei den höheren Pflanzen zu sein scheint und auch kein Kernkörperchen besitzt. Es kommt freilich zunächst darauf an, wie man den Zellkern definirt. Der Inhalt der Zellen, welcher in der Regel durch Zucker und Schwefelsäure rosenroth gefärbt wird und also stickstoffhaltig ist, muß weiter mit Jodlösung geprüft werden, da in einigen Pilzen formlose Stärke (Amyloid) vorkommt; Blattgrün ist bis jetzt nicht gefunden. Das

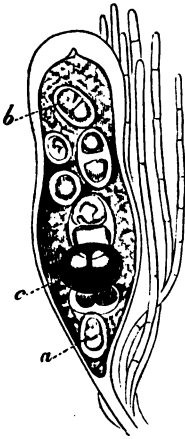
<sup>1)</sup> DE BARY, Schwärmersporenbildung bei einigen Pilzen. Freiburg 1860.

<sup>2)</sup> PRINGSHEIM'S Jahrbücher Bd. II.

Pilzgewebe der Polyporus-Arten ist verholzt und deshalb sehr beständig, während die Pilze im Allgemeinen wegen ihres Reichthums an stickstoffhaltigen Substanzen leicht der Verwesung anheimfallen. Die Pilze muß man im frischen Zustand untersuchen.

Für die Flechten gilt dasselbe Untersuchungsverfahren wie für die Pilze, doch können getrocknete und durch mehrstündiges Liegen in kaltem Wasser erweichte Exemplare vielfach zur Beobachtung dienen. Man verfertigt die Querschnitte zwischen Fliedermark. Es ist nur eine Fructificationsform, die Bildung der Sporen in Schläuchen bekannt (Fig. 61).

Fig. 61.



Die Früchte erscheinen gesellig, häufig in schüsselförmigen Bildungen, welche unterhalb der Rindenschicht entstehen und dieselbe durchbrechen. Das Mycelium oder der Thallus der Flechten besteht aus denselben verzweigten und durch einander geschlungenen Zellenfäden als bei den höheren Pilzen, auch lassen sich diese Fäden, nach Entfernung der Intercellularsubstanz durch längeres Kochen, mit der Nadel aus einander wirren. Die Sporenschläuche sind gleich den Fruchtschläuchen der Pilze die Endzellen dieser Fäden. Das Rindengewebe der Pilze unterscheidet sich von dem unteren Theile des Thallus nur durch die dichter

gedrängten Fäden und eine verholzte Beschaffenheit derselben, in der mittleren Schicht des Laubes dagegen liegen kleine kugelige mit Chlorophyll erfüllte Zellen, die Gonidien, welche nach SPERSCHNEIDER durch Abschnürung aus den Zellenfäden entstehen sollen und fähig sind, selbstständig zu neuen Pflanzen auszuwachsen. Außerdem finden sich noch die Spermogonien oder Antheridien, welche in ihrem Bau den Anfängen der Fruchtschüsseln gleichen, und als kleine schwarze Punkte schon mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind (häufig bei *Hagenia ciliaris*), jedoch statt der Sporenschläuche nur sehr dünne Zellenfäden enthalten, deren Glieder sich als kleine rundliche oder stabförmige Zellen ablösen und wie die Spermastien der Pilze bewegungslos sind. Das Gewebe des Flechtenthallus wird durch Jod

Fig. 61. Der Sporenschlauch einer Flechte (*Hagenia ciliaris*) von Saftfäden umgeben; a, b u. c Sporen in verschiedener Entwicklung im Innern des Sporenschlauches (400 mal vergrößert).

und Schwefelsäure, mit Ausnahme der Gonidien, nicht blau gefärbt, dagegen färben sich die alten Fruchtlager schon durch Jodlösung für sich schön blau; zarte Längsschnitte und Querschnitte durch das Fruchtlager sind deshalb mit Jodlösung zu prüfen. Die Flechtensporen sind zwei- (Hagenia) oder mehrzellig.

Die Algen, welche durch ihren einfachen Bau und ihre Lebensweise im Wasser die geeignetsten Objecte zur directen Beobachtung wichtiger Lebenserscheinungen unter dem Mikroskope liefern, sind mit Recht in den letzten zehn Jahren vorzugsweise erforscht worden und verdanken wir ihrem Studium die wichtigsten Entdeckungen. Sowohl die Zellenbildung als auch die Fortpflanzung auf geschlechtlichem und ungeschlechtlichem Wege läßt sich bei keiner anderen Abtheilung des Pflanzenreiches so leicht und mit solcher Schärfe beobachten. Hier kann man ohne Präparation, unter Berücksichtigung der normalen Verhältnisse der betreffenden Pflanze, dieselbe unter dem Mikroskope wachsen, d. h. sowohl ihre Zellen ausdehnen als neue bilden, Schwärmsporen entlassen und sich begatten sehen, wozu natürlich nur ganz frische, lebenskräftige Exemplare anzuwenden sind.

Die fadenförmigen nicht zu kleinen Süßwasseralgen (*Spirogyra*, *Zygnema*, *Oedogonium*, *Ulothrix* und andere), die in den Gräben und Tümpeln im Frühjahr und Sommer sehr verbreitet sind, sammelt man und bewahrt sie entweder gleich in einem leicht verschlossenen Glase mit demselben Wasser, in dem sie leben, oder man schlägt sie in Papier und legt sie in die zum Einsammeln der höheren Pflanzen dienende Blechtrommel, was auf kürzeren Excursionen ausreichend ist. Ins Haus zurückgekehrt, bringt man die Beute der verschiedenen Localitäten, in eben so verschiedene Cylindergläser von entsprechender Größe, welche bis zur Hälfte mit frischem Wasser gefüllt, und mit einer Glas Tafel bedeckt werden. Man kann auf diese Weise Monate lang seine Algen im Zimmer erziehen und ihren Lebenslauf erforschen<sup>1)</sup>. Die Bedeckung der Gläser mit einer Glas Tafel ist sowohl zur Vermeidung des dem Wachsthum der Algen schädlichen Staubes, als auch der Verdunstung des Wassers, nothwendig; das letztere aber bedarf kaum einer Erneuerung, da es sich, so lange

<sup>1)</sup> ED. BORNET giebt eine vortreffliche Anleitung zum Einsammeln u. s. w. der Algen, welche ich hier benutzt habe. ED. BORNET, instructions sur la récolte l'étude et praeparation des Alges. Cherbourg 1856.

die Algen überhaupt gedeihen, auch fäulnisfrei erhält. Die Gläser müssen dem Einfluß des Sonnenlichtes entzogen werden und ist es, wenn man an frisch gesammelten Algen am anderen Morgen das Ausschlüpfen der Zoosporen beobachten will, besser, dieselben in dunklen Räumen aufzubewahren, weil ohne diese Vorsicht die meisten Zellen schon entleert sind. Zur Aufbewahrung durch den Winter ist ein frostfreies, nicht geheiztes, Zimmer geeignet. — Die kleineren Arten und die Diatomeen, welche in den mit Sphagnum bedeckten Brüchen am reichlichsten zu finden sind, kann man nur in kleinen Gläsern transportiren und ist es nothwendig, deren mehrere bei sich zu führen, damit der Fund jedes Standortes gesondert verbleibt. Manche der kleineren Algen leben auch als Schmarotzer an bestimmten Wasserpflanzen, z. B. *Coleochaete* auf *Equisetum palustre* und viele Diatomaceen auf anderen Algen. Für das Fischen dieser kleinen Gewächse empfiehlt BORNET eine kleine tiefe Blechkanne, welche an einen Stock befestigt wird und zum Schöpfen des Wassers dient. Desgleichen benutzt derselbe eine ziemlich stark vergrößernde Lupe und eine kleine Glastafel, auf welcher einige Tropfen des Wassers geschüttet und gegen das Licht gehalten, mit der Lupe betrachtet werden<sup>1)</sup>. Für die Untersuchung der Süßwasser-algen ist der Frühling die geeignetste Zeit, doch muß man, um ihren ganzen Lebenslauf zu verstehen, dieselben Arten durch das ganze Jahr verfolgen.

Die Meeresalgen sammelt man am besten zur Zeit der Ebbe an ihrem Standort selbst, da die von der Fluth an das Ufer geworfenen Stücke selten unversehrt sind; für die tiefer im Meere vorkommenden muß man sich freilich mit diesen begnügen. Die eingesammelten Algen werden nach der Größe und Beschaffenheit entweder in Meerwasser selbst, oder wie oben in Papier gewickelt, transportirt und sobald als möglich in ein Gefäß mit frischem Meerwasser gegeben, welches, wenn man sie einige Tage erhalten will, täglich erneuert werden und an einem kühlen schattigen Orte stehen muß. Als Wasser für den Objectträger darf bei der Untersuchung der Meeresalgen ebenfalls nur Meerwasser angewendet werden, da süßes Wasser sofort Veränderungen hervorrufft. Das Ausschlüpfen der Zoosporen

---

<sup>1)</sup> ZEISS verfertigt zu diesem Zweck ein niedliches Taschenmikroskop, dessen Stativ auf den Kasten geschraubt wird und eine Lupe, desgleichen eine starke Doppellinse aufnimmt (zu 5—6 Thlr.).

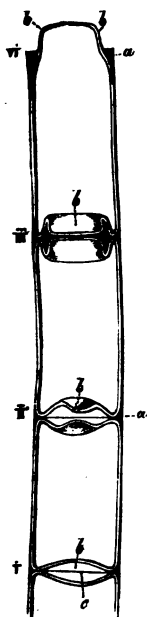
(Schwärmosporen) und deren Keimung kann man bei ihnen nur im Meerwasser beobachten.

Die fleischigen Fucus-Arten sind auch getrocknet noch zur Untersuchung ihres anatomischen Baues anwendbar und genügt ein halbstündiges Aufweichen derselben in frischem Wasser. Wenn man dagegen die zarteren Algen für die mikroskopische Untersuchung aufbewahren will, so dürfen dieselben nicht eingetrocknet sein, sondern müssen frisch in schwachen Weingeist gethan und in demselben aufbewahrt werden.

Die kleineren, aus einzelnen Zellen oder aus Zellenfäden bestehenden Algen bedürfen keiner Präparation, man bringt die einzelligen mittelst der Glaspipette, die Fadenalgen dagegen mit einer feinen Pincette auf die Objecttafel und breitet die letzteren sorgfältig auf derselben aus. Mit einem Deckglas, unter Vermeidung des Druckes, belegt (S. 74) und, wenn man sie längere Zeit beobachten will, für Ersatz des verdunstenden Wassers sorgend (S. 78), sucht man darauf nach einem geeigneten Zustande, den man mittelst zweier auf die Objecttafel drückender Klammern unter dem Mikroskope fixirt. In manchen Fällen sucht man zweckmäßig zuerst nach einem bestimmten Vorkommen, z. B. nach den Geschlechtsorganen an einem gegebenen Exemplar und isolirt dasselbe darauf mit der Nadel von den übrigen. Bei den aus mehreren Zellschichten bestehenden Algen verfertigt man Quer- und Längsschnitte entweder aus freier Hand oder zwischen Fliedermark und wird zur Untersuchung der frischen Meeresalgen für diesen Zweck, nach THURET'S Angabe, das Fliedermark vorher mit frischem Meerwasser getränkt. Bei einigen Fucus-Arten (*Chondrus crispus*) kann man durch Kochen der Schnitte in Wasser, die Intercellularsubstanz auflösen und den aus verzweigten Zellenfäden bestehenden Bau nachweisen. Bei den kalkhaltigen Algen gelingt es, nach Entfernung des kohlensauren Kalkes durch verdünnte Salz- oder Essigsäure, in derselben Weise Schnitte darstellen, desgleichen werden nach der S. 159 gegebenen Vorschrift zarte Quer- und Längsschliffe erhalten, welches Verfahren jedoch sehr zeitraubend ist. Die biegsamen Gelenke der *Corallina* sind nicht verkalkt und lassen sich ohne vorhergegangene Behandlung schneiden; die Vierlingsfrüchte derselben Pflanze besitzen zwar eine verkalkte Rinde, die inneren Theile sind dagegen unverkalkt, weshalb man zur Untersuchung der Sporenbildung am zweckmäßig-

sten diese Früchte mit der Nadel zersprengt (S. 111). Bei *Cymopolia* ist der kohlensaure Kalk nicht in der Cellulosemembran abgelagert, sondern zwischen den Zellen der Rinde ausgeschieden. Die *Caulerpa*-Arten und der Centralschlauch der *Cymopolia* sind durch ihre mächtige Wandverdickung und erstere auch durch die aus Zellstoff bestehenden Fäden, welche durch den Raum der Zelle laufen, anatomisch interessant und zeigt der Querschnitt beider die Schichtenbildung der Pflanzenmembran in ausgezeichneter Weise<sup>1)</sup>. — Die Anwendung der Reagentien zur Prüfung der chemischen Constitution

Fig. 62.



der Membran und ihres Inhaltes darf ferner nicht versäumt werden, und möchten im Allgemeinen Jod und Schwefelsäure eine blaue Färbung der Zellwand bewirken (bei *Cymopolia* und *Caulerpa* erfolgt dieselbe nicht).

Für die Zellenbildung bei den Algen verweise ich auf S. 109 und für die Entwicklungsgeschichte der Intercellularsubstanz bei den *Fucaceen* auf S. 116. Die Fortpflanzungserscheinungen von dreierlei Art verdienen dagegen nähere Betrachtung. Auf ungeschlechtlichem Wege erfolgt die Vermehrung 1. durch Ablösen einzelner Zellen, z. B. bei *Spirogyra*, *Ulothrix* u. s. w. und 2. durch Schwärmsporen (Zoosporen), bei *Chlamidococcus*, *Vaucheria*, *Ulothrix*, *Oedogonium* u. s. w., desgleichen bei vielen Meeresalgen. Auf geschlechtlichem Wege, durch Begattung mittelst beweglicher Befruchtungskörper (Spermatozoiden), bei *Vaucheria*, *Oedogonium*, *Saprolegnia*, *Coleochaete* u. s. w., desgleichen bei den *Fucoideen*; durch unbewegliche Befruchtungskörper bei den *Florideen* und durch Copulation bei *Spirogyra*, *Zygnema* und den *Desmidiaceen*.

Die Vermehrung durch Ablösen einzelner Zellen, welche ihrerseits zu einer selbstständigen Pflanze heranwachsen, wird bei *Spirogyra* durch eine eigenthümliche Faltenbildung in der Scheidewand zweier sich berührender Zellen erkennbar (Fig. 62), welche mit einer

Fig. 62. Theil eines Fadens der *Spirogyra*, mit Weglassung des Zellinhaltes gezeichnet. a Die Hüllhaut (Cuticula), aus den untergegangenen

<sup>1)</sup> Die *Cymopolia* und die *Caulerpa*-Arten gehören den tropischen Meeren und ihre Fortpflanzung ist noch unbekannt.

späteren Ausfüllung des anfangs nach innen gebogenen Theiles verbunden ist. Diese Art der Vermehrung erfolgt bei *Ulothrix* zu einer Zeit, wo die Bildung der Schwärmsporen behindert ist.

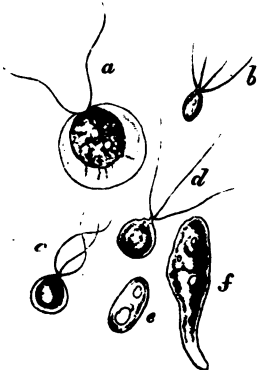
Die Schwärmsporenbildung, nach den Arten und Localitäten zu verschiedener Zeit, läßt sich am besten am frühen Morgen und namentlich bei klarem warmen Wetter verfolgen; am Nachmittag wird man sie selten beobachten können. Die Algenfäden müssen mit einer Deckplatte belegt sein und wird es sich, wenn man mehrere Fäden auf dem Objectträger hat, nicht selten so fügen, daß sich die austretenden Schwärmer in einem durch mehrere Fäden begrenzten Raum gefangen finden und dann leichter zu beobachten sind. Die Zelle eines Algenfadens, welche zahlreiche Schwärmsporen enthält, erkennt man leicht an ihrem, aus kleinen runden oder länglichen, meist grün gefärbten Zellen bestehenden Inhalt und finden sich in der Regel derartige Schwärmsporenbildende Zellen nicht vereinzelt, sondern gesellig bei einander. Nach kürzerem oder längerem Warten wird eine oder die andere ihren Inhalt entlassen und wird man leicht im Stande sein, den Vorgang des Entschlüpfens, die Bewegung und das Keimen der Schwärmsporen in einem Vormittage zu beobachten. Bei *Vaucheria* dagegen mit einer einzigen, aber sehr großen Schwärmspore erscheint eine kugelige Anhäufung des grünen Inhaltes am geschlossenen Ende des einzelligen verzweigten Schlauches. Diese grüne Kugel entschlüpft als Schwärmspore dem Schlauche. Man hat für die Schwärmsporen selbst auf deren Gestalt und Bau zu achten, und wird in denselben membranlose Zellen erkennen, die entweder im ganzen Umkreis (*Vaucheria*), oder an einer bestimmten Stelle (*Oedogonium* und *Bulbochaete*) mit zahlreichen beweglichen Wimpern besetzt sind, oder wie die Mehrzahl der Schwärmer nur zwei bis vier ungleich längere schwingende Wimpern besitzen. Die Dauer der Bewegung ist sowohl nach der Pflanzenart als auch nach der Witterung verschieden, einige laufen fast den ganzen Tag und andere keimen schon nach einer halben Stunde. Schon vor der Keimung tritt allmählig Ruhe ein und die Wimpern verschwinden, die Zelle

Mutterzellwänden entstanden; *b* das Ende jeder Zelle, welches sich durch Spitzenwachsthum verlängert, und da es ihm an Raum gebricht, allmählig Falten bildet (I. II. III), bis endlich die Hüllhaut durch einen Zirkelriß sich trennt und das bisher eingefaltete Zellenende sich bei *iv* (auf dem Bilde irrtümlich *vi*) hervordrängt (200 mal vergrößert).



verlängert sich, erhält eine feste Membran und beginnt sich zu theilen. — Als Reagentien sind außer Jodlösung auch Zuckerwasser, verdünnter Weingeist und wässrige Blausäure, desgleichen wässrige Lösung eines Strychninsalzes anzuwenden. Die Schwärmersporen können, ehe man mit ihrem Aussehen und Verhalten näher vertraut ist, leicht für Infusorien genommen werden, unterscheiden sich jedoch durch ihren grünen<sup>1)</sup> oder rothen körnigen Inhalt und die Art ihrer Bewegung, am sichersten aber durch das Auswachsen zu einer unbeweglichen

Fig. 63.



Algenpflanze (Fig. 63). Bei Oedogonium, Stigeoclonium, Chaetophora, Coleochaete u. s. w. bildet sich in jeder Zelle nur eine einzige Schwärmospore, im Allgemeinen aber entstehen deren mehrere oder viele und werden gemeinsam entlassen. Durch diese Zoosporen vermehren sich die betreffenden Algen unter günstigen Verhältnissen, jedoch hat PRINGSHEIM in letzter Zeit bei dem Wassernetz (Hydrodyction) außer denjenigen größeren Schwärmersporen, welche als Netzbilder bekannt

waren, noch kleinere Zoosporen, welche bald zur Ruhe kommen, ohne zu keimen, und erst viel später unter günstigen Verhältnissen eine neue Pflanze entwickeln, als Dauerschwärmer unterscheiden<sup>2)</sup>. Man wird deshalb in Zukunft auch bei anderen Algen auf letztere zu achten haben.

Als typische Formen des Befruchtungsvorganges der Algen mit beweglichen Spermatozoiden möchten Vaucheria, Oedogonium, Saprolegnia, die Fucaeen und Coleochaete zu bezeichnen sein. Bei Vau-

Fig. 63. Schwärmersporen einiger Algen. *a* Schwärmende Sporen von *Chlamidococcus pluvialis*; *b* Schwärmersporen von *Stigeoclonium* (nach getrockneten Präparaten); *c—f* schwärmende sowie keimende Sporen von *Ulothrix* (400 mal vergrößert).

<sup>1)</sup> *Euglena viridis* mit grünem Inhalt wird von den meisten Beobachtern für eine Alge, von EHRENBERG dagegen für ein Infusorium gehalten.

<sup>2)</sup> PRINGSHEIM, über die Dauerschwärmer des Wassernetzes. Monatsberichte der Berl. Akademie von 1861. — Ueber Zoosporen verweise ich auf die Arbeiten THURNER'S (Annales des sciences), PRINGSHEIM'S, AL. BRAUN'S UND COHN'S.

cheria erscheinen die Geschlechtsorgane neben einander an demselben Faden, hier läßt sich deshalb der Vorgang am leichtesten wahrnehmen, obschon das wirkliche Eindringen der Spermatozoiden in die Befruchtungskugel des um diese Zeit geöffneten weiblichen Organes nicht mit absoluter Schärfe zu verfolgen ist (Fig. 64). An der Gegenwart der Geschlechtsorgane erkennt man bei *Vaucheria*, ob diese Pflanze zur Befruchtung geneigt ist und muß dann mit Geduld die weiteren Vorgänge erwarten. — Bei *Oedogonium* sind wieder die zur geschlechtlichen Vermehrung geneigten Exemplare des aus zahlreichen Zellen bestehenden Fadens leicht an den viel

Fig. 65.

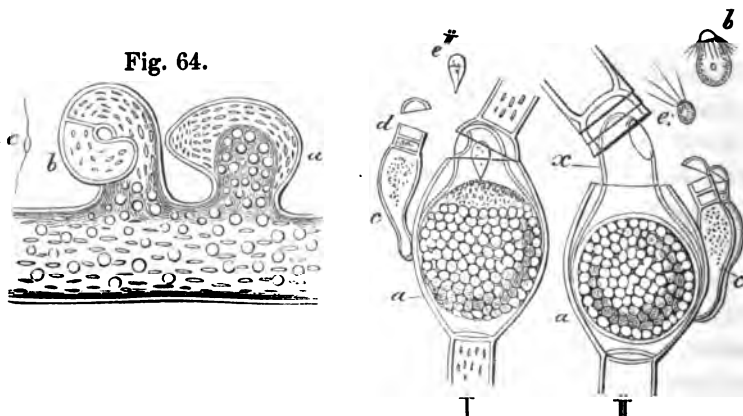


Fig. 64.

Fig. 64. *Vaucheria sessilis* nach PRINGSHEIM copirt. Ein Zustand kurz vor der Befruchtung. *a* Die Sporenmutterzelle (das weibliche Organ); *b* das Hörnchen (das männliche Organ); *c* ein Befruchtungskörper (Spermatozoid). Bei *a* ist die Bildung der Scheidewand noch nicht erfolgt (Vergrößerung 250 mal).

Fig. 65. *Oedogonium ciliatum* nach PRINGSHEIM copirt. I Augenblick der Befruchtung. *a* Das Oögonium, das sich an seiner Spitze mit einem Deckel geöffnet hat und in welchem sich kurz vor der Befruchtung um die membranlose Befruchtungskugel der Befruchtungsschlauch (u. *x*) mit seiner Oeffnung gebildet hat, während am Oögonium selbst ein männliches Pflänzchen (*c*) haftet, das aus der Schwärmspore (*b*) entstanden ist. Das zweizellige Antheridium (*d*) dieses Pflänzchens hat seinen Deckel abgeworfen und der obere Befruchtungskörper ist durch die runde Oeffnung des Befruchtungsschlauches an die Befruchtungskugel gelangt, in welche er bald darauf eindringt und verschwindet. II Ein kürzlich befruchtetes Oögonium, an dem zwei männliche Pflanzen sitzen; *e* u. *e*'' Befruchtungskörper (Spermatozoid) (350 mal vergrößert).

größeren kugelig angeschwollenen weiblichen Zellen, den Oögonien, kenntlich, über welchen, in der Regel an demselben Faden, ein paar viel kleinere Zellen auftreten, welche bei einigen Arten eine Schwärm-spore entlassen, die erst eine kleine männliche Pflanze (das Männchen) entwickelt, welche sich an das Oögonium festsetzt und bald darauf in zwei kleinen Zellen je ein Spermatozoid ausbildet, während bei anderen Arten jene kleinen Zellen des Fadens direct ein Spermatozoid entlassen. Bei Oedogonium vollzieht ein solches die Befruchtung, indem es in das geöffnete Oögonium eindringt und von der Befruchtungskugel aufgenommen wird. Der Eintritt in letztere ist hier nach PRINGSHEIM noch von vielen anderen Forschern bestätigt worden (Fig. 65). Bei Saprolegnia, die als weißer Ueberzug auf im Wasser verwesenden Fliegen erscheint, kommen die Schwärm-sporen in langen cylindrischen Schlauchzellen, die Oögonien dagegen als viel größere kugelige Zellen vor, deren Inhalt sich in zahlreiche kugelige Befruchtungskugeln differencirt. An diese Oögonien, deren Wand um diese Zeit zerstreute runde Löcher zeigt, schmiegen sich schmale Verzweigungen des Algenfadens, der das Oögonium trägt, und bilden je eine endständige Zelle, in der sich Spermatozoiden entwickeln, die mittelst einer schlauchförmigen Verlängerung dieser Zelle durch die Löcher der Oögoniumwand zu den Befruchtungskugeln gelangen und scheint bei den Pilzen (nach HOFMEISTER bei Tuber und nach DE BARY bei Peronospora) sich ein ähnlicher Vorgang zu wiederholen (S. 180). — Bei den Fucaeen treten die weiblichen und die männlichen Organe entweder neben einander, oder gesondert in Höhlungen an der Spitze des Laubes hervor und sind auf Querschnitten durch dasselbe zu untersuchen. Im Oögonium bilden sich acht Befruchtungskugeln, welche erst, nachdem sie frei geworden, durch die Spermatozoiden befruchtet werden und bei Coleochaete, welche als kleiner Schmarotzer an dem im Wasser wachsenden Equisetum palustre gefunden wird, bildet das Oögonium eine kugelige Zelle mit einer halsförmigen Verlängerung, welche sich an ihrer Spitze öffnet. Die kleinen an demselben Pflänzchen vorkommenden Antheridien entlassen ein einziges Spermatozoid, welches die einzige Befruchtungskugel befruchtet, diese aber theilt sich später und bildet ein vielzelliges Gewebe, wo jede Zelle späterhin eine Schwärm-spore entläßt. Dazu legen sich andere vegetative Zellen derselben Alge um das befruchtete Oögonium, dasselbe mit einer Rinde um-

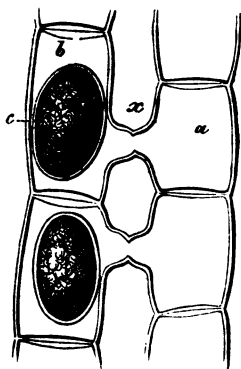
kleidend. Bei allen diesen in morphologischen Verhältnissen so von einander abweichenden Vorgängen zeigt sich im Principe selbst dennoch die größte Uebereinstimmung; die Befruchtungskugel ist nämlich bei allen membranlos, sie erhält aber, sobald eine Befruchtung stattgefunden, eine Membran, welche allmählig an Dicke zunimmt. Die Spermatozoiden sind kleine, wie es scheint, gleichfalls membranlose, Zellen mit zwei oder mehreren Wimpern, die, viel kleiner als die Schwärmsporen, sich in ähnlicher Weise munter im Wasser bewegen. — Durch die geschlechtlich entstandenen Sporen erhalten sich die Algen während der für ihr Gedeihen ungünstigen Verhältnisse, sie überwintern unter anderen durch dieselben, welche bei der Keimung entweder direct zur neuen Pflanze auswachsen (*Vaucheria*, *Saprolegnia*, *Fucus*), oder vorher eine Theilung eingehen und vier (*Oedogonium* und *Bulbochaete*) oder viele (*Coleochaete*) Schwärmsporen bilden.

Die Befruchtung der Florideen durch bewegungslose Spermatozoiden ist noch nicht vollkommen aufgeklärt und bei der Copulation der Spirogyren zeigt sich ein geschlechtlicher Act ohne Spermatozoiden, durch Vermischung des Protoplasmas der einen Zelle mit dem der anderen, deren Endresultat eine von einer festen Membran umgebene Ueberwinterungsspore ist, welche durch directe Keimung im Frühjahr zur neuen Pflanze auswächst. Man beobachtet die Copulation sehr häufig bei *Spirogyra* und erkennt ihr Vorkommen an der parallelen Nebeneinanderlagerung zweier Algenfäden, deren sich gegenüberliegende Zellen gegen einander Auswüchse treiben, welche bald auf einander treffen und darauf mit einander verschmelzen, so daß eine offene Verbindung zwischen beiden Zellen eintritt, durch welche der grüne und körnige Inhalt der einen (männlichen) Zelle, der sich zusammengezogen hat, allmählig in die andere hinübertritt und sich mit dem ebenfalls grünen und körnigen Inhalt dieser weiblichen Zelle zu einer eiförmigen Spore verbindet, welche von einer dicken Membran umgeben, der Verwesung widersteht, die zur ungünstigen Zeit den Algenfaden zerstört, so daß die Spore an den Grund des Wassers gelangt und dort überwintert (Fig. 66). (Unter den Pilzen zeigt sich bei *Syzygites* ein ähnlicher Vorgang<sup>1</sup>).

<sup>1</sup>) Für den Befruchtungsvorgang bei den Algen verweise ich auf PRINGSHEIM'S Arbeiten in den Monatsberichten der Berliner Akademie von 1855, 1861 und

Zur Aufbewahrung und Reinigung der Kieselshalen der Diatomeen von färbendem Inhalt, welche durch ihre feinen Zeichnungen zum Theil als Probeobjecte für Mikroskope geschätzt sind (die Pleurosigma-, Grammatophora-, Surirella-Arten u. s. w.), glüht man dieselben vorher auf einem Glimmerblättchen über der Weingeistlampe,

Fig. 66.



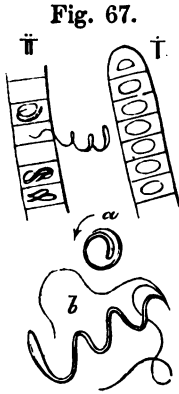
oder man kocht dieselben mit Salpetersäure und wäscht sie darauf mit destillirtem Wasser. Sie werden alsdann entweder trocken oder in Canadabalsam aufbewahrt. Auch die Zoosporen und Spermatozoiden der Algen lassen sich durch langsames Eintrocknen auf der vor Staub geschützten Objecttafel zur späteren Vergleichung conserviren und zeigen im eingetrockneten Zustande die Wimpern besonders deutlich.

Die Charen, welche, gleich den Algen, im Wasser leben, werden wie diese gesammelt und cultivirt. Die großen Zellen der vegetativen Theile sind zur Beobachtung der Protoplasma-Strömung besonders geeignet, namentlich bei Nitella, wo jedes Glied aus einer einzigen großen Zelle besteht, die nicht wie bei Chara durch kleinere Zellen umrindet ist. Durch Längs- und Querschnitte, welche bei den größeren Formen der Chara zwischen Fliedermark sehr wohl ausführbar sind, untersucht man den Bau der quirlförmig verzweigten Stämmchen. Die Geschlechtsorgane findet man als kleine anfänglich grüne, später orangefarbene, schon mit unbewaffnetem Auge sichtbare Knöpfchen unter oder zur Seite des Zweigquirls. In der Regel sitzt neben dem weiblichen Organ auch ein männliches, bei Nitella dagegen sind die Geschlechter getrennt. Die Antheridie ist kugelig und von sehr complicirtem Bau, ihre Wand besteht aus acht Zellen, welche sich zur

Fig. 66. Die Copulation der Spirogyra. *a* u. *b* sich gegenüberliegende Zellen zweier Fäden, welche sich durch einen Fortsatz *x* verbunden haben, die Spore *c* ist aus dem Gesamttinhalt beider Zellen entstanden (200 mal vergrößert).

in PRINGSHEIM'S Jahrbüchern, desgleichen für die Fucaceen auf THURET in den Annales des sciences. 1855.

Zeit der Reife von einander lösen, das Innere aber ist von zahllosen aus kleinen Zellen bestehenden Schläuchen erfüllt, wo aus jeder Zelle ein spiralförmig gewundenes, sich um seine Achse drehendes, Band (das Spermatozoid) mit zwei langen schwingenden Wimpern entschlüpft (Fig. 67). Das weibliche Organ dagegen besteht aus einer Centralzelle, die von fünf spiralförmig um sie gewundenen schmalen Zellen berindet ist. Das Eindringen der Spermatozoiden ist noch nicht beobachtet. Aus dem weiblichen Organ keimt später die junge Pflanze hervor<sup>1)</sup>. Nur bei der reifen sich freiwillig öffnenden Antheridie wird man bewegliche Spermatozoiden antreffen.



### I. Untersuchungsgang für die höheren, d. h. mit einem wahren Stamm versehenen Kryptogamen.

Den Laub- und Lebermoosen fehlen noch die eigentliche Wurzel; Wurzelhaare, am Stamm entwickelt, sorgen für Bodennahrung. Der Stamm und die Blätter, desgleichen die Wurzel der höheren Kryptogamen werden nach der am betreffenden Orte gegebenen Methode untersucht (S. 148 u. 168), wobei namentlich auf die Ausbildung, Stellung und Art der Verzweigung der Gefäßbündel zu achten ist und bei der Wurzel auch der Grad der Ausbildung der Wurzelhaube Berücksichtigung verdient.

Laub- und Lebermoose lassen sich im kühlen Zimmer am schattigen Orte unter Glasglocken ziehen, doch werden die jungen Triebe der Lebermoose in diesem Falle meistens viel geiler und geben deshalb kein normales Bild der betreffenden Pflanze. Für einige Wochen kann man sie dagegen sehr wohl und ohne wesentliche Veränderungen unter der Glocke frisch erhalten und die Fortschritte ihrer Entwicklung beobachten und gilt dies namentlich für

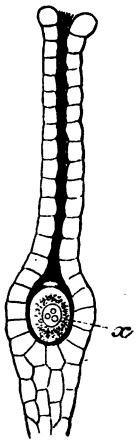
Fig. 67. *Chara fragilis*. I Das Ende eines Antheridiumfadens vor der Bildung der Schwärmfäden. II Partie eines anderen mit ausgebildeten Spermatozoiden. a Ein sich drehender Schwärmfaden. b Ein solcher durch Jod getödtet (I u. II 300 mal, a u. b 500 mal vergrößert).

<sup>1)</sup> Ueber die Charen findet man bei A. BRAUN (Monatsberichte der Berliner Akademie von 1852) die ausführlichsten Untersuchungen.

die fructificirenden Formen, welche mit weit entwickelten Kelchen sehr schön im Zimmer ihre Früchte ausschieken.

Die Geschlechtsorgane erscheinen bei den Laub- und Lebermoosen an der entwickelten Pflanze und zwar entweder an demselben Exemplar oder auf getrennten Stämmen. Beide kommen in der Regel in größerer Anzahl vor und stehen an verschiedenen Orten. Die weiblichen Organe (Pistille oder Archegonien) sind verlängerte cylindrische Körper mit einer Erweiterung am Grunde; sie bestehen ursprünglich aus einer einfachen Zellschicht, in der Erweiterung oder der Centralzelle liegt die Befruchtungskugel (Keimbläschen) aus Protoplasma und einem centralen Zellkern gebildet. Der oben engere

Fig. 68.



Teil (Halstheil) des weiblichen Organes öffnet sich und durch das Eindringen der Spermatozoiden, welche bis zur Befruchtungskugel gelangen, erfolgt die Begegnung (Fig. 68). Die männlichen Organe (Antheridien) dagegen sind kugelige oder verlängerte cylindrische kurz oder lang gestielte Körper, meistens aus einer Zellschicht bestehend, welche in ihrem Innern zahllose kleine kugelige Zellen entwickeln, die beim Platzen der reifen Antheridie an ihrer Spitze insgesamt hervorgespritzt werden und jede ein Spermatozoid entlassen, welches wie bei Chara (S. 192) gebaut ist und auf dem Objectträger munter im Wasser umhertummelt. Aus dem befruchteten Keimbläschen dagegen entwickelt sich im Grunde des Pistills eine gestielte

Frucht, indem die untere Hälfte der Keimanlage sich als Stiel, die obere als Frucht ausbildet. Der Halstheil des Pistills vertrocknet, der untere Theil dagegen wächst, als schützende Hülle für die junge Frucht, mit derselben weiter und wird zur Calyptra, welche bei den Lebermoosen erst zur Zeit der Fruchtreife von dem sich plötzlich verlängern den Fruchts tiel (Seta) durchbrochen wird, bei den Laubmoosen dagegen früher abstirbt, und von dem sich zeitig erhebenden Fruchts tiel, am Grunde abgerissen, als vertrocknetes häutiges Mützc hen über der jungen Frucht emporgehoben wird (Fig. 69), wofür die Polytrichum - Arten ausgezeichnete Beispiele geben. Mittelst Längsschnitte durch die befruchteten Pistille in verschiedenen Stadien kann man den Entwicke-

Fig. 68. Ein zur Befruchtung fertiges Pistill von *Phascum cuspidatum*, nach HOFMEISTER copirt. x Das Keimbläschen (300mal vergrößert).

lungsgang der jungen Frucht und die Sporenbildung in derselben sehr schön verfolgen; die junge Fruchtanlage läßt sich auch mit Hülfe der Nadel unter dem Simplex aus ihrer Calyptra hervorpräpariren. Bei den Lebermoosen hat man hier auf die Entwickelungsweise der Schleuderer (Elateres), langer cylindrischer Zellen, welche ein einfaches oder doppeltes, meistens verholztes und braun gefärbtes Spiralband besitzen und auf deren Befestigungsweise in der Frucht zu achten (Fig. 70), desgleichen den Bau der meistens mit vier

Fig. 69.

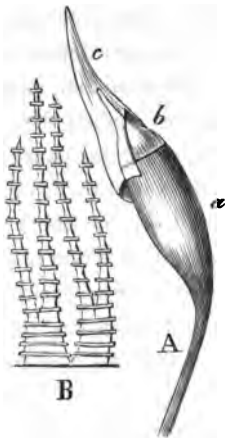
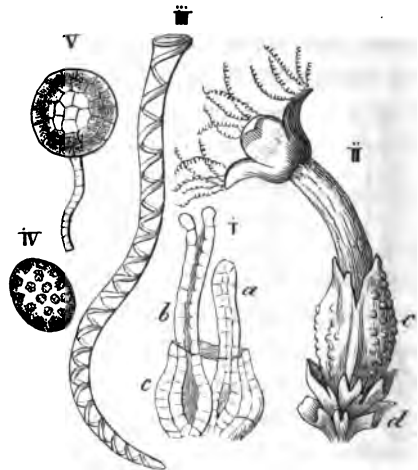


Fig. 70.



Klappen aufspringenden Kapselwand, deren Zellen in der Regel unvollständig entwickelte Verdickungsbänder besitzen, zu achten, wofür die Anwendung concentrirter Schwefelsäure auf zarte Schnitte sehr geeignet ist. Bei den Laubmoosen muß dagegen die Anordnung der ersten Mutterzellen für die Sporen, welche kreisförmig um eine centrale Parenchymssäule (Columella) erfolgt, beachtet, desgleichen die

Fig. 69. A Die Frucht von *Fissidens bryoides*, nach PAYER copirt. a Der untere Theil der Mooskapsel; b das Deckelchen; c die Calyptra. B Der einfache Mündungsbesatz der Kapsel (beide, aber in verschiedenem Grade, vergrößert).

Fig. 70. *Frullania dilatata*. I Das junge Perianthium (c) mit den beiden Pistillen a u. b; die Spitze des Halstheiles ist bei b bereits geöffnet. II Die eben aufgesprungene Frucht; c das Perianthium; d die Perichaetialblätter. III Ein Schleuderer. IV Eine reife Spore. V Ein Antheridium (I u. V 50 mal, II 10 mal, III u. IV 180 mal vergrößert).



Ausbildungsweise der Kapselwand, deren Oberhaut Spaltöffnungen besitzt (unter den Lebermoosen hat auch *Anthoceros* eine *Columella* und Spaltöffnungen in der Oberhaut) berücksichtigt werden, da nach der Gestalt der Kapsel und ihres Deckels und nach dem Mangel oder Vorkommen eines einfachen oder doppelten Mündungsbesatzes, aus zahnförmigen sich beim Oeffnen der Kapsel aufrichtenden Zellen bestehend, die Gattungen unterschieden werden. Querschnitte und Längsschnitte durch verschiedene Entwicklungszustände leisten hier das Erwünschte und sind dieselben entweder aus freier Hand oder zwischen Fliedermark auszuführen.

Bei vielen Lebermoosen (*Jungermannia*, *Lioclaena*, *Frullania* u. s. w.) bildet sich um das befruchtete Pistill eine wahrscheinlich aus mehreren am Grunde ungetrennten Blättern entstandene Hülle, der Kelch (*calyx*). Bei einigen Lebermoosen mit flächenförmigem auf der Erde liegenden Stamm (laubige Lebermoose) wächst auch das Laub über die befruchteten Pistille empor, dieselben einschließend (*Blasia*, *Pellia*, *Riccia*) und bei den Marchentieen erscheinen die Geschlechtsorgane getrennt auf besonderen gestielten Schüsseln. Die Antheridien sind bei einigen dieser Pflanzen einzeln oder paarweise in der Achsel eines Blattes, oft an besonderen männlichen Zweigen (*Frullania*), oder ohne bestimmte Ordnung am Stengel (*Haplomytrium*, *Fossombronia*) zu finden; bei den laubigen Lebermoosen mit eingesenkter Frucht erscheinen auch sie in das Laub eingesenkt und ebenso finden wir dieselben bei den Marchantieen von dem Gewebe der männlichen Schüssel umhüllt. Ueber der eingesenkten Antheridie findet sich immer eine canalförmige Oeffnung des Laubes. Bei den Marchantieen verschafft man sich durch einen seitlichen Druck auf die männlichen Schüsseln sehr leicht eine hinreichende Menge beweglicher Spermatozoiden, welche in der milchartigen hervorquellenden Flüssigkeit zu Tausenden vorhanden sind. Läßt man dieselben auf der Glasplatte langsam und vor Staub geschützt eintrocknen, so erkennt man den Bau der sehr feinen Fäden am besten und kann dieselben trefflich aufbewahren. Bei diesem Eintrocknen wird man finden, daß sich die Spermatozoiden einiger ausstrecken (*Pellia*), anderer zusammenrollen und wird an dem dickeren Theil zwei, aber bisweilen auch nur eine lange Wimper wahrnehmen. Jodlösung, Alcohol und alle Mittel, welche verändernd auf die Eiweißstoffe wirken, hemmen augenblicklich die Bewegung aller Spermatozoiden,

dagegen wird wässrige Blausäure und wässrige Strychninlösung sehr wohl vertragen. Bei allen Laubmoosen mit endständigen männlichen Organen (*Polytrichum*) gewinnt man durch Druck des männlichen, schüsselförmig aussehenden, Köpfchens zwischen den Fingern ebenfalls sehr leicht eine Menge Spermatozoiden. Wenn die Antheridien reif sind, so platzen dieselben auch von selbst nach 5—15 Minuten im Wasser des Objectträgers, welches Verfahren für genaue Untersuchungen empfehlenswerther ist, aber mehr Zeit erfordert.

Die Keimung der Laub- und Lebermoose läßt sich auf feuchtem Sande unter einer Glasglocke in schattigen mäfsig warmen Räumen sehr leicht verfolgen. Bei den Laubmoosen entwickelt sich aus der Spore ein confervenähnlicher Zellenfaden, auf dem eine oder mehrere Knospen entstehen, die als junge Stämme auswachsen. Bei den *Sphagnum*-Arten wird dieser Vorkeim flächenartig und bei den Lebermoosen nimmt er verschiedene unregelmäßige Formen an, auch kommen auf demselben bei *Blasia* eigenthümliche Organe vor, deren Bedeutung noch nicht erkannt ist. Die Sporen untersucht man auf die Beschaffenheit ihrer Membran unter concentrirter Schwefelsäure; auch lassen sich nach der auf S. 68 beschriebenen Methode zarte Durchschnitte darstellen.

Brutzellen zur ungeschlechtlichen Vermehrung dieser Gewächse lösen sich bei den Laubmoosen als Zellencomplexe von den Blättern, oder bei einigen Arten von den aus Zellenfäden mit schief gestellter Scheidewand bestehenden Wurzelhaaren ab; bei den laubigen Lebermoosen erscheinen dieselben in besonderen Behältern (Brutbechern), wofür *Blasia*, *Marchantia* und *Lunularia* als geeignete Beispiele dienen. Die Brutzellen erheben sich hier aus der Oberfläche eines solchen Behälters und bilden sich zu gestielten mehrzelligen Körpern, welche später frei werden und eine neue Pflanze entwickeln. Die Brutbecher von *Blasia* haben ein flaschenförmiges Ansehen.

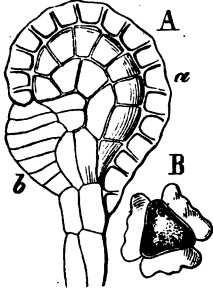
Bei den Farnkräutern erscheinen die Früchte an der Unterseite der Blätter in Häufchen oder Streifen von einer sie bedeckenden Oberhautschicht (*Indusium*) geschützt, seltener bilden sich die Sporen

---

<sup>1)</sup> Für die Entwicklungsgeschichte der höheren Kryptogamen im Allgemeinen verweise ich auf *HOFMEISTERS* zahlreiche Arbeiten (Vergleichende Untersuchungen der höheren Kryptogamen, Leipzig 1851. Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften (1854) und für die Keimung der Lebermoose auf *GRÖNLANDS* Untersuchungen (*Annal. des sciences. Tom. I. Serie IV.*)

in Kapsel Früchten an besonderen Fruchtwedeln (*Osmunda*, *Botrychium*, *Ophioglossum*). Die Früchte der ersteren erscheinen sehr zahlreich neben einander und bilden die braunen Körnchen der Sori. Durch Querschnitte des Blattes zwischen Fliedermark oder durch Ablösen mit der Nadel erhält man dieselben und hat auf den Bau

Fig. 71.



und die Richtung des Annulus und die Art des Aufspringens der gestielten Kapsel zu achten (Fig. 71), weil nach derselben und nach der Gestalt der Häufchen (Sori) und des Indusiums die Gattungen bestimmt werden. Die Sporenbildung in diesen Sporangien ist noch nicht hinreichend bekannt, doch ist es wahrscheinlich, daß sich dieselben zu vier in einer Mutterzelle durch Theilung entwickeln. Die Sporen zeigen in Betreff ihrer Außenhaut (Exine)

mannigfaltige Verschiedenheiten und verdienen nach der S. 68 angegebenen Methode näher untersucht zu werden.

Die Kapsel Früchte der Equisetaceen erscheinen an besonderen ährenförmigen Fruchtständen und sind die großen kugeligen Sporen, welche durch Theilung zu vier in einer Mutterzelle entstehen, dadurch ausgezeichnet, daß sie von der primären Membran, welche bei den Sporen der höheren Kryptogamen und den Pollenkörnern im Allgemeinen resorbirt wird, wie von einem doppelten sehr hygroskopischen Spiralbände umschlungen werden. Wenn man diese Sporen trocken und unbedeckt auf die Objecttafel bringt und während man in das Mikroskop blickt, den Hauch auf sie gehen läßt, so strecken sich die beiden Bänder und ziehen sich beim bald erfolgenden Austrocknen wieder zusammen. Der Stengel der Equisetaceen ist in bestimmten Zellen reich an Kieselsäure, was durch Verbrennen desselben nachgewiesen wird.

Die Geschlechtsorgane beider Gruppen (der Farn und der Equisetaceen) entwickeln sich an dem bei der Keimung der Sporen hervortretenden flächenartigen Vorkeim und ist die Keimung der Farnkräuter auf einer Unterlage von feuchter Torferde in einem flachen, mit einer Glastafel bedeckten Gefäß, leicht zu verfolgen. An einem

Fig. 71. *Pteris serrulata*. A Das Sporangium kurz vor dem es sich öffnet; a der Annulus; bei b, wo später das Sporangium aufreißt, fehlt derselbe. B Eine Spore (A 80 mal, B 300 mal vergrößert).

schattigen, mäßig warmen Ort keimen diese Sporen in der Regel nach 3—4 Wochen, wobei ein grüner Anflug auf der schwarzen Moor-erde das erste Zeichen ihrer Keimung ist. Man streut am zweckmässigsten zerschnittene Stücke der frischen fructificirenden Wedel aus, da trocken gewordene Sporen schwieriger zu keimen scheinen. In dem grünen Anflug, von dem man ein Minimum heraushebt und auf der Objectplatte durch Abspülen mit Wasser reinigt, findet man die ersten Stadien der Keimung und kann gerade an den sehr jungen Vorkeimen die Bildung der Antheridien am leichtesten verfolgen (Fig. 72).

Fig. 72.

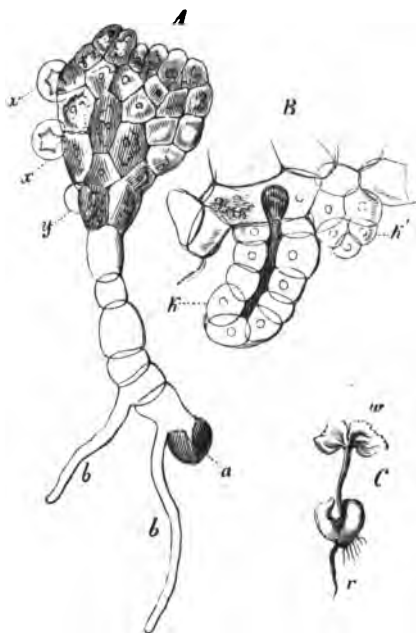


Fig. 73.

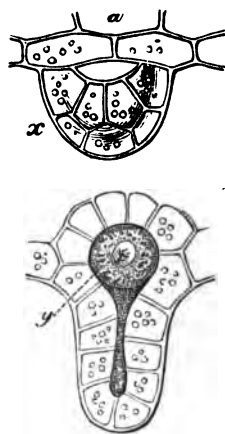


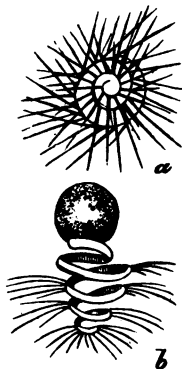
Fig. 72. Keimung eines Farnkrautes (*Pteris serrulata*). *A* Der Vorkeim aus der Spore (*a*) hervorgegangen; *b* Wurzelhaare; *x* und *y* Antheridien (80 mal vergrößert). *B* Theil eines Längsschnittes durch einen weiter entwickelten Vorkeim; *k* ein Keimorgan, dessen Halstheil sich noch nicht geöffnet hat; *k'* ein ganz junges Keimorgan (200 mal vergrößert). *C* Die junge Pflanze mit ihrem Vorkeim in natürlicher Gröfse; *w* der erste Wedel; *r* die erste Wurzel.

Fig. 73. *Pteris serrulata*. *x* Die Antheridie; *y* das noch an seiner Spitze geschlossene Keimorgan mit der Befruchtungskugel (300 mal vergrößert).

Wenn der Vorkeim darauf gröfser geworden ist und den ersten Anfängen eines laubigen Lebermooses gleicht, findet man neben den zahlreichen ungestielten Antheridien auch an dem Einschnitt des Vorkeims eine polsterartige Verdickung, welche an ihrer Unterseite die weiblichen Organe (Keimorgane, Archegonien) trägt, die den Pistillen der Laubmoose gleichen, jedoch kürzer als letztere sind (Fig. 73). Durch Längsschnitte des Vorkeims in freier Hand oder zwischen Fliedermark, verschafft man sich eine genaue Einsicht in die Entwicklungsgeschichte dieser Organe. Die reifen Antheriden platzen häufig im Wasser des Objectträgers und entlassen einzeln ihre Spermatozoiden von eigenthümlichem Bau, welche in der Regel die Zelle, in der sie

entstanden sind, als leere Blase nach sich schleppen (Fig. 74). Um sie genauer zu sehen, tödtet man dieselben durch einen Tropfen schwacher Jodlösung. Beim Eintrocknen verlieren sie ihre ursprüngliche Gestalt, doch werden die zahlreichen Wimpern viel deutlicher sichtbar. Die Entwicklung des Keimes zur jungen Pflanze im befruchteten Keimorgan verfolgt man wieder durch Herstellung zarter Längs- und Querschnitte. Der Vegetationskegel der Keimachse erhebt sich nicht, er schiebt dagegen einen Wedel (Blatt) hervor, dem bald nach abwärts eine Wurzel folgt; mit dem zweiten Blatt entsteht darauf auch die zweite Wurzel u. s. w., bis bald nachher der Vorkeim vertrocknet und die junge Pflanze selbstständig wird.

Fig. 74.



Derselbe Vorgang wiederholt sich bei den Equisetaceen, doch gelingt die Keimung bis zur vollständigen Entwicklung der jungen Pflanze viel seltener und ist bis jetzt erst von HOFMEISTER und MILDE vollständig verfolgt worden. Die Spermatozoiden der Equisetaceen sind denen der Farnkräuter ähnlich gebaut, aber aufser den Wimpern noch mit einer flottirenden Membran, den Spermatozoiden des Triton ähnlich, versehen. Die Keimpflanze, welche aus dem Archegonium hervortritt, verlängert sich nach aufwärts und bildet einen ersten Blattkreis und gleichzeitig wächst auch die erste Wurzel nach

Fig. 74. Schwärmfäden von *Pteris serrulata*. *a* Von oben gesehen, ruhend; *b* von der Seite gesehen, gleichfalls ruhend (500mal vergrößert).

abwärts<sup>1)</sup>. — Bei mehreren tropischen Farnkräutern kann man die Bildung von Brutknospen auf den Blättern verfolgen.

Für die Lycopodiaceen, deren Sporen in Kapselfrüchten, welche in der Achsel der Blätter, häufig an besonderen ährenförmigen Fruchtsänden, erscheinen, hat man nach zweierlei Sporen, großen (Megasporen) und kleinen (Mikrosporen oder Staubkapseln) zu suchen. Bei der Gattung *Lycopodium*, deren Entwicklungsgeschichte noch unbekannt ist, kennt man nur Sporen von gleicher Grösse und Gestalt. Die Megaspore entwickelt unter einer bestimmten, schon äusserlich kennbaren, Stelle, wo drei Flächen zu einer Pyramide zusammenstossen, einen flächenförmigen Vorkeim auf dem weibliche Organe (Archegonien) entstehen, die aus der sich über dem Vorkeim öffnenden Sporenhaut hervortreten. Bei *Isoetes* füllt das Gewebe des Vorkeimes später den ganzen inneren Raum der Spore aus, bei *Selaginella* dagegen entwickelt sich unter ihm ein parenchymatisches Gewebe, welches den durch Befruchtung entstandenen Keim ernährt. In den Mikrosporen dagegen bilden sich mehrere kugelige Zellen, aus denen je ein Spermatozoid, das den Schwärmfäden der Farnkräuter ähnlich gebaut ist, hervorschlüpft.

Bei den Rhizocarpeen endlich erscheinen wieder Megasporen und Mikrosporen in besonderen zelligen Säckchen (Sporocarpien), entweder beisammen oder getrennt. Die Megaspore ist viel gröfser und von einer sehr dicken Haut umgeben, die Mikrosporen aber bilden sich als Tochterzellen in einem der Antheridie der Lebermoose ähnlichen Organe. Das Spermatozoid bedarf, wie mir scheint, noch einer näheren Untersuchung und wird von HOFMEISTER als einfacher Spiralfaden dargestellt. Der Vorkeim mit den Archegonien bildet wie bei den Lycopodiaceen eine grüne Kappe auf der Megaspore, welche sich jedoch unter ihm nicht mit Zellgewebe füllt. Die an einigen Orten sehr häufige *Salvinia natans* (Berlin auf Flofsholz am Oberbaum), welche im Herbste Sporocarpien trägt, kann durch den

---

<sup>1)</sup> Für die Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter und Equisetaceen sind HOFMEISTER'S Untersuchungen (Vergleichende Untersuchungen der höheren Kryptogamen. Leipzig 1851. Beiträge zur Kenntnifs der Gefäfskryptogamen. Leipzig 1851) und MILDE'S Arbeiten (De sporarium equisetorum germinatione. Vratislaviae 1850. Entwicklung der Equisetaceen und Rhizocarpeen. Acta academiae L. C. XXIII. pts. II. u. III.), desgleichen die Arbeiten von SUMINSKY und METTENIUS über Farne und meine Untersuchung über dieselben (Linnaea 1849) zu vergleichen.

Winter in einem mit Wasser halbgefüllten Gefäße am kalten Orte aufbewahrt werden; die Pflanzen zersetzen sich allmählig und ihre Sporen sinken an den Grund des Wassers, kommen jedoch im ersten Frühjahr wieder hervor, worauf die Entwicklung beginnt. Das Wasser wimmelt häufig von Spermatozoiden. Längsschnitte durch die Megasporen in geeigneter Richtung und durch den Vorkeim müssen in den verschiedenen Entwicklungsstadien dargestellt werden. Sowohl bei den Lycopodiaceen als auch bei den Rhizocarpeen wächst aus der Oeffnung der Megaspore die junge Pflanze hervor<sup>1)</sup>.

Das Eindringen der Spermatozoiden in das Keimorgan ist durch HOFMEISTER für einige Laubmoose und Farnkräuter sicher gestellt, und ist es wahrscheinlich, daß selbige auch in die Befruchtungskugel (Keimbläschen), welche erst nach der Befruchtung eine feste Membran erhält, gelangen und wie bei Oedogonium im Protoplasma derselben aufgehen, auf welchen Vorgang deshalb namentlich zu achten wäre. — Natürlich können nur frische Exemplare zu solchen Untersuchungen verwendet werden.

### K. Untersuchungsgang für die Blüthe und Frucht.

Bei der einzelnen Blüthe ist zuerst auf das Zahlen- und Stellungenverhältniß der Blüthentheile zu einander und dann auf den Bau dieser Theile selbst zu achten, wofür ein mäßig dünner glatter Querschnitt durch eine noch vollständig geschlossene Knospe und zwar aus verschiedenen Höhen am geeignetsten ist. Ein solcher, aus der Spitze der Knospe genommen, wird in der Regel nur das Stellungenverhältniß des Kelches und der Blumenblätter, sowie deren Knospenlage zeigen; ein etwas tiefer geführter Querschnitt wird dagegen bei Zwitterblüthen auch die Antheren und deren Verhältniß zu den Blumenblättern, häufig auch Staubweg oder Narbe, ja bei oberständigem Fruchtknoten, die Stellung des letzteren zu den ihn umgebenden Blüthentheilen nachweisen. Ein noch etwas tiefer geführter Querschnitt wird selten überflüssig sein und für Blüthen mit unterständigem Fruchtknoten dürfen auch Querschnitte in verschie-

<sup>1)</sup> Für die Entwicklungsgeschichte der Lycopodiaceen muß ich abermals auf HOFMEISTER'S und MILDE'S S. 200 citirte Untersuchungen, desgleichen auf METTENIUS (Beiträge zur Kenntniß der Rhizocarpeen. Frankfurt 1846, sowie METTENIUS Beiträge 1850) verweisen.

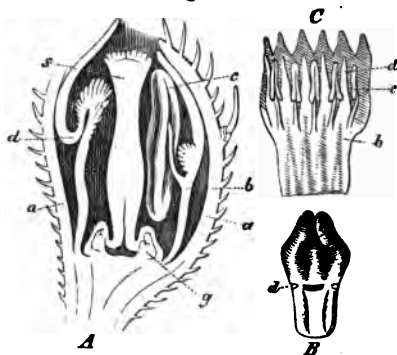
denen Höhen durch den letzteren geführt, nicht unterlassen werden. Durch solche Querschnitte, die übrigens nicht zu zart sein dürfen, weil sonst die einzelnen Theile sich leicht von einander trennen, erhält man wirkliche Blüthengrundrisse, und orientirt sich durch selbige aufs leichteste über die ganze Anordnung der Blüthentheile. Man erkennt deutlich die verschiedenen Blattkreise und die Zahl ihrer Blattelemente; man sieht, wie sich die Kelch- und Blumenblätter in der Knospenlage verhalten und wie die Antheren vor dem Aufspringen beschaffen sind, ferner ob die Elemente der auf einander folgenden Blattkreise mit einander abwechseln oder vor einander stehen und erfährt endlich das Stellungs-Verhältniß der Fruchtknotenfächer zum vorhergehenden Blattkreise. (Auf Taf. II. Fig. 20 ist ein derartiger Querschnitt durch die Knospe von *Matthiola madeirensis* dargestellt.) Häufig erhält man mit dem Knospenquerschnitt zugleich auch einen Querschnitt durch das Deckblatt, welchem die Knospe angehört. Bei solchen Querschnitten hat man indess sehr darauf zu achten, daß nicht durch Berührung mit der Nadel oder mit sonstigen Instrumenten etwas verschoben wird, was bei jungen Knospen mit einiger Vorsicht leicht zu vermeiden ist. Knospen, welche dem Aufbrechen nahe sind, lassen sich dagegen, weil ihre Theile sich trennen, nicht mehr zum Querschnitt benutzen. Man hebt die dargestellten Schnitte, wie die meisten zarten Präparate, mit einem feinen Haarpinsel vom Messer. Schnitte, die nicht ganz wagerecht durch die Knospe geführt wurden, sind überall zu verwerfen.

Außer den besprochenen Querschnitten, die ich für eine ordentliche Blütenanalyse durchaus nothwendig halte, sind auch Längsschnitte genau durch die Mitte der Knospe in Richtungen, welche durch den Querschnitt bestimmt werden, erforderlich. Man orientirt sich durch sie aufs leichteste, 1. über die Einfügung der Blumenblätter und Staubfäden; ob selbige mit den Kelchblättern in nahebei gleicher Höhe entspringen, wie es ursprünglich immer der Fall ist; ob sie von einem Discus getragen werden; ob bei Blüthen mit ungetrennten Blumenblättern die Filamente der Antheren mit den letzteren verbunden sind, und wo sie sich von ihnen trennen; 2. über die Stellung des Fruchtknotens zu den übrigen Blüthentheilen, ob derselbe ober-, mittel- oder unterständig ist; wie der Staubweg sich zu ihm verhält und auf welche Weise der Staubwegcanal mit den Fruchtknotenfächern in Verbindung steht, welche Frage in manchen Fällen



nur durch die Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens und Staubweges zu entscheiden ist. Man wird außerdem bei solchen Längsschnitten durch die Knospe auf manche interessante Erscheinung geführt werden. So zeigt Fig. 75 A

Fig. 75.



einen Längsschnitt genau durch die Mitte der ziemlich entwickelten Knospe von *Symphytum asperrimum*, an dem man unter andern erkennt, daß die sogenannten Hohlschuppen (fornices) der Borragineenblüthen taschenartige Ausstülpungen der Blumenblätter sind. — Die Quer- und Längsschnitte der Knospe

gewähren außerdem über die Art der Behaarung treffliche Aufschlüsse. — Bei den Compositen und Dipsaceen hat man zuerst einen Längsschnitt durch die Mitte des ganzen Köpfchens und außerdem noch die besprochenen Quer- und Längsschnitte durch die Einzelblüthen auszuführen. Man darf hier nicht unterlassen, die Randblüthen und die Blüthen der Mitte besonders zu untersuchen, da selbige in gewissen Abtheilungen dieser Familie bekanntlich verschieden gebaut sind.

Wenn man erst mit der Blüthe im Allgemeinen bekannt ist, wendet man sich darauf zur Untersuchung der einzelnen Theile derselben.

a) Für das Deckblatt und den Kelch gilt das über die anatomische Untersuchung der Blätter im Allgemeinen Gesagte. Bei der Blüthenanalyse hat man hier zunächst die äußere Beschaffenheit, nämlich die Gestalt, die Färbung, die Art der Behaarung, dann aber auch die saftige, holzige, lederartige oder trockene Structur der Gewebe und ihre Veränderungen nach der Blüthezeit zu beachten.

Fig. 75. A Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenknospe von *Symphytum asperrimum*; a Kelchblatt; b Blumenkrone; c Staubblatt; d die der Länge nach durchschnittene Tasche (Hohlschuppe) eines Blumenblattes; s die Narbe; g die Samenknospe, daneben der Raum, in welchen die Pollenschläuche herabsteigen, um zu den Samenknospen zu gelangen (16 mal vergrößert). B Eine Blumenkrone von der Seite gesehen; d die Taschen. C Eine Blumenkrone der Länge nach aufgeschlitzt und auseinander gebreitet; b der röhrenförmige Theil derselben; c die Staubblätter; d die Taschen (5 mal vergrößert).

b) Für die Blumenblätter möchte gleichfalls wenig zu erwähnen sein. Durch zarte Quer- und Längsschnitte zwischen Fliedermark wird man den Bau der Blumenblätter und ihrer Oberhaut erfahren und durch eine Betrachtung des ganzen Blumenblattes von oben, bei schwacher Vergrößerung oder bei auffallendem Licht, die Vertheilung der Gefäßsbündel in selbigen, welche oftmals die zierliche Zeichnung der Blumenblätter veranlaßt, erkennen. Auch möchte eine Betrachtung der Oberfläche beider Seiten bei stärkerer (200maliger) Vergrößerung, für den Bau der Oberhaut wünschenswerth sein. Der häufig schön gefärbte flüssige Zellinhalt, welcher die Farbenzeichnung bedingt, ist gleichfalls zu beachten. Die Gestalt der

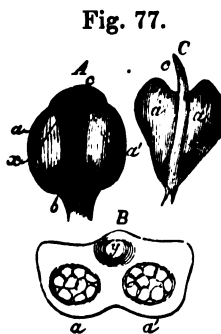


Fig. 76. *A* Staubblatt des Mandelbaumes (*Amygdalus*) mit vierfächeriger Anthere. *B* Querschnitt durch die letztgenannte; *a* u. *a'* die beiden Staubbeutelächer der einen Seite; *a''* ein Fach der anderen Seite; *b* der Träger (Filament); *x* die Längsfurche, in welcher die beiden Fächer derselben Seite aufspringen; *y* das Gefäßsbündel des Connectivs.

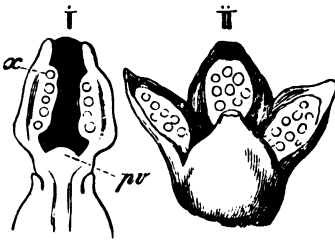
Fig. 77. Staubblätter der Lerche (*Larix europaea*). *A* Im halbreifen Zustande; *a* u. *a'* die beiden Fächer; *b* das Filament; *x* die Linie, nach welcher späterhin der Staubbeutel aufspringt. *B* Querschnitt eines solchen Staubbeutels; *y* das Gefäßsbündel. *C* Ein bereits aufgesprungenes Staubblatt von der Hinterseite; *c* die Spitze desselben, der Spitze einer Lerchenadel entsprechend. Die übrigen Bezeichnungen bei *B* und *C* gleichbedeutend mit *A* (Vergrößerung bei *A* 30 mal, bei *B* 50 mal und bei *C* 6 mal).

Fig. 78. *A* Das schildförmige Staubblatt der Cypresse (*Cupressus sempervirens*) von unten gesehen; *a* die Blattfläche; *b* das Filament; *c* einer der Pollensäcke. *B* Ein Längsschnitt durch ein ganz junges Staubblatt; die Bezeichnung wie oben (*A* 8 mal, *B* 25 mal vergrößert).

Blumenblätter, ob sie bis zum Grunde getrennt (polypetale Corolla), oder nur am Rande getrennt sind (monopetale Corolla), desgleichen ihre Farbe und äußere Beschaffenheit, wird bei der Blütenanalyse noch besonders hervorzuheben sein.

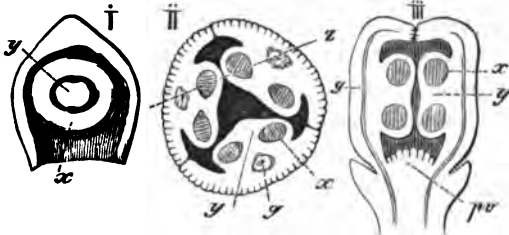
c) Für die Staubblätter ist eine genaue Untersuchung der Staubbeutel unerlässlich; man muß dieselben aus der noch jungen Knospe und zwar kurz vor und bald nach dem Aufspringen untersuchen, wo in letzterem Falle ein Querschnitt selten ausführbar ist. Bei den meisten Pflanzen wird man die Anthere in der Knospe vierfächerig finden (Fig. 76); das Parenchymband, welches die zwei Fächer jeder Seite trennt, wird aber später ganz oder theilweise resorbirt, so daß der Staubbeutel zur Zeit der Blüthe zweifächerig erscheint. Es giebt dagegen auch ursprünglich zweifächerige Antheren, nämlich bei den Abietineen und bei einigen Amarantaceen (*Gomphrena*, *Albersia*, *Alternanthera* und *Celosia*), desgleichen bei den Asclepiaden. Die Antheren von *Abies*, *Picea*, *Pinus* und *Larix* öffnen sich mit zwei senkrecht oder schief verlaufenden Längsspalten, welche lange vorher in der Oberhaut der Anthere vorgezeichnet sind (Fig. 77). Die zweifächerigen Staubbeutel der anderen dagegen springen durch Resorption des beide Fächer trennenden Parenchybandes mit einer Längsspalte auf. — Die Art des Aufspringens der Antheren, ob sie mit einer kurzen Spalte (einem Loch), oder mit einer langen Spalte aufreißen, oder ob sie sich mit Klappen öffnen (*Laurus* und *Berberis*), ist ferner zu beachten. Bei den Cupressineen, *Araucaria* und den Cycadeen bilden sich am schildförmigen Staubblatt Ausbuchtungen (Pollensäcke), in welchen sich der Blütenstaub entwickelt und aus einem Rifs (Fig. 78) entlassen wird. Die Anthere von *Meryolix serrulata* entwickelt ihren Pollen in getrennten Gruppen von Mutterzellen, später verschwindet jedoch das Parenchym, welches diese Gruppen trennte, worauf sich die Anthere, den übrigen Onagrarien ähnlich, mit zwei Längsspalten öffnet. Bei *Viscum* erscheinen die Pollenkörner in Gruppen durch Parenchym für immer getrennt (Fig. 79). *Arceuthobium Oxycedri* (*Viscum Oxycedri*) hat gar ein einziges kreisförmiges Antherenfach, welches gleich dem Rand einer Schiefsscheibe das Centrum umgiebt (Fig. 80). Bei *Cucumis* ist die vierfächerige Anthere schlangenförmig auf dem Filamente hin- und hergewunden, was sich bei *Hydnora* in einem noch erhöhten Grade wiederholt. Da man nicht immer diese Verhältnisse

Fig. 79.



vorher bestimmen kann, so ist ein Querschnitt durch die Antheren einer Knospe für eine genaue Blütenanalyse unerlässlich. Man hat bei ihm außerdem noch auf die Stellung des Connectivs oder Mittelbandes, das immer durch sein Gefäßsbündel charakterisirt wird, zu den Staubbeutelwänden und auf die Wandung

Fig. 80.



der letzteren selbst, namentlich auf die meistens dort vorhandenen Zellen mit zierlichem Spiralbande und auf die Lage derselben als äußere oder als

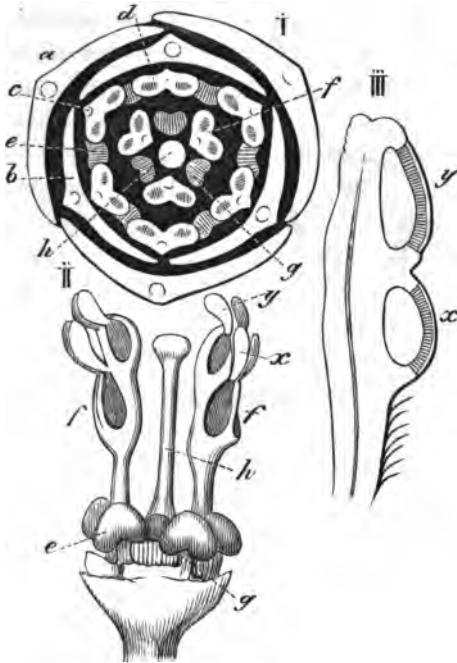
innere Schicht, zu achten. Bei *Abies* und bei *Picea* bilden die Spiralzellen die äußerste Schicht der Staubbeutelwand; bei *Quercus*, *Fagus*, *Hippuris* u. s. w. erscheinen sie dagegen als die innerste Schicht derselben; bei *Monotropa* und *Solanum tuberosum* fehlen die spiralförmig verdickten Zellen gänzlich und bei den *Laurus*-Arten erscheinen sie nur auf der Klappe (Fig. 81). Die Antherenwand von *Saccharum* und die Wand der Pollensäcke von *Callytris* besteht aus einer einzigen Zellschicht ohne Spiralband, die Wand der Pollensäcke von *Araucaria* zählt dagegen 4—5 Zellschichten, deren äußerste weitere Zellen mit Spiralband besitzt. Für feine Durch-

Fig. 79. *Viscum album*. I Die junge männliche Blütenknospe im Längsschnitt; *pv* der Vegetationskegel der Blütenachse; *x* die Pollengruppen in dem Parenchym des Staubblattes. II Die offene männliche Blüte von der Seite gesehen, aus vier an ihrer Basis ungetrennten Staubblättern bestehend (I 20mal, II 10mal vergrößert).

Fig. 80. *Arceuthobium Oxycedri*. I Ein Staubblatt von der inneren Seite gesehen; *x* der Theil, in welchem sich die Pollenkörner bilden; *y* die aus Parenchym bestehende Mitte des Staubblattes. II Eine junge Blüte im Querschnitt, aus drei Staubblättern bestehend; *g* das Gefäßsbündel des Staubblattes; *x* u. *y* wie bei I. III Ein Längsschnitt durch eine solche Blüte in der Richtung der Linie *z*; *pv* der Vegetationskegel der Blütenachse (Vergrößerung 20mal).

schnitte eignen sich die Antheren kurz vor dem Aufblühen nicht mehr. Bei kleinen Blüten macht man sehr zarte Querschnitte durch die Blütenknospe und sucht die quer durchschnittenen Antheren mit der Nadel heraus; bei größeren öffnet man die Knospe und bringt die Anthere selbst zwischen Fliedermark. — Der Querschnitt durch

Fig. 81.



die Blütenknospe läßt auch die Richtung des künftigen Aufspringens der Anthere, ob nach innen oder nach außen am deutlichsten erkennen (Fig. 81).

In morphologischer Beziehung ist die Art der Befestigung der Antheren auf dem Filament, die Weise ihres Aufspringens, die Gestalt der Staubbeutel, ob sie nach oben und unten Verlängerungen oder Haarschöpfe besitzen (besonders für die Compositen wichtig), ob zu beiden Seiten des Connectivs die Fächer

Fig. 81. *Persea indica*. I Querschnitt durch die junge Blütenknospe; *a* u. *b* Blätter der beiden ersten dreigliedrigen alternirenden Blattkreise; *c* u. *d* Antheren, welche entweder zwei dreigliedrigen Blattkreisen oder, was mir wahrscheinlicher ist, einem sechsgliedrigen Blattkreise angehören, weil zwischen ihnen ein sechsgliedriger Kreis nicht zur Ausbildung gekommener Staubblätter (*e*) erscheint; *f* eine Anthere des inneren dreigliedrigen Kreises, zwischen welchem drei unausgebildete Staubblätter (*g*) auftreten; *h* der Staubweg. Die Antheren *c* und *d* springen nach Innen, die Anthere *f* dagegen nach Außen auf, die Lage der unausgebildeten Staubblätter (Nebenstaubfäden) entspricht den letzteren. II Zwei Staubfäden des inneren Kreises mit den Nebenstaubfäden des äußeren; *x* eine der unteren, *y* eine der oberen Klappen der Anthere. III Ein Längsschnitt durch das Staubblatt (I und II 15 mal, III 40 mal vergrößert).

Fig. 82.

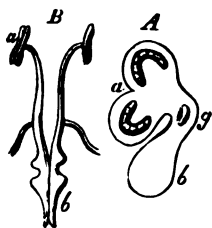


Fig. 83.

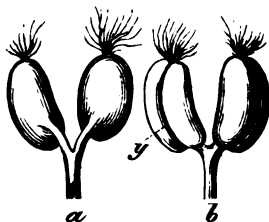


Fig. 84.



Fig. 85.



Fig. 82. *B* Die beiden Staubblätter von *Salvia nivea*; *a* die zweifächerige ausgebildete Seite eines derselben; *b* die andere Seite ohne Staubbeutel. *A* Ein Querschnitt durch das sehr junge Staubblatt; *a* und *b* wie oben; *y* das Gefäßbündel des Connectivs (*A* 50mal, *B* 8mal vergrößert).

Fig. 83. Staubblätter von *Carpinus Betulus*. *a* In der Rückenansicht; *b* in der Vorderansicht; *y* die Längsfurche des Staubbeutels, welche sich später als Längsspalte öffnet (10mal vergrößert).

Fig. 84. Die fünf Antheren der *Alternanthera diffusa*, deren Träger nur im oberen Theil getrennt sind, ausgebreitet. Die Staubbeutel sind zweifächerig (Vergrößerung 25 mal).

Fig. 85. *Calothamnus purpurea*. I Theil eines Längsschnittes durch die Spitze eines Zweiges; *pv* der Vegetationskegel; *f* ein Blatt; *x* die Anlage zu einer Blütenknospe in der Achsel desselben. II Partie aus dem Längsschnitt eines älteren Zweiges; *x* die Blütenknospe, welche

normal entwickelt sind, oder ob nur die eine Seite Pollen entwickelt (*Salvia*, *Canna*), zu beachten (Fig. 82). Auch die Gestalt des Staubbeutelträgers, ob er kurz oder lang, gerade oder gebogen, einfach oder mit Anhängseln versehen (*Asclepias*, *Borrago*), oder gar gespalten (*Carpinus* [Fig. 83], *Corylus*, *Betula*, *Alnus*) ist, muß genau beachtet werden. Ferner hat man auf die Einfügung desselben, ob jedes Filament einzeln auftritt oder ob mehrere am Grunde mit einander verbunden sind (bei *Hypericum* und in anderer Weise bei vielen Leguminosen), oder ob eine gemeinsame Röhre die

Fig. 86. einzelnen kürzer oder länger gestielten Staubbeutel trägt (bei *Ruscus* und einigen *Amaranthaceen* [Fig. 84]), zu sehen. Ein hohler, den Staubweg umgebender Cylinder, der an seiner Aufsensfläche mit vierfächerigen gestielten Antheren besetzt ist, findet sich bei den *Malvaceen*. Auch giebt es zusammengesetzte Staubfäden (gefiederte bei *Calothamnus* [Fig. 85], baumartig verzweigte bei *Ricinus*) und einfache Staubfadenträger mit einem Gelenk auf halber Höhe, durch welches später der obere Theil sammt der Anthere abgeworfen wird (bei vielen *Euphorbiaceen*) (Fig. 86).

Für jede vollständige Blütenanalyse wird darauf der Inhalt der Anthere, der reife Pollen, wichtig. Man untersucht denselben sowohl trocken, als auch unter Wasser, unter Citronenöl und unter concentrirter Schwefelsäure. In einigen Fällen wird es auch zweckmäfsig sein, ihn noch mit Chlorzink-Jodlösung, desgleichen mit Salpetersäure



bei *I* in der Achsel des Blattes gelegen, über welche sich aber die Rinde des Zweiges (*yy*), einen mit Haaren ausgekleideten offenen Canal bildend, gehoben hat; *a* der Kelch; *b* die Blumenkrone der Blütenknospe. *III* Querschnitt durch die junge Blütenknospe; *a* eines der vier Kelchblätter; *b* eines der vier Blumenblätter; *c* eines der vier, später einem gefiederten Blatte entsprechenden, Staubblätter. *IV* Längsschnitt durch eine etwas weiter ausgebildete Blüthe; *e* der oberständige Fruchtknoten. *v* Die offene Blüthe in natürlicher Gröfse (die klein bleibenden Blumenblätter sind nicht sichtbar). *VI* Ein Querdurchschnitt einer Anthere, welche dem Einzelblatt des zusammengesetzten Blattes entspricht (*v* in natürlicher Gröfse, die übrigen Figuren vergrößert).

Fig. 86. Staubblätter von *Euphorbia canariensis*. *I* Vor dem Aufspringen. *II* Nach dem Aufspringen (10mal vergrößert).

zu behandeln. Durchschnitte werden in der S. 68 beschriebenen Weise dargestellt, und hat man, um ein klares Bild seines inneren Baues zu erhalten, zunächst solche zu betrachten, welche genau die Mittel-lamelle des Kornes darstellen, wobei für diejenigen, mit drei oder vier Austrittsstellen für den Pollenschlauch, welche in einem Gürtel liegen, auch die Richtung, in der das Korn vom Schnitt durch die Mitte getroffen ward, zu beachten ist, und außerdem ein oberflächlich geführter Schnitt nöthig wird, um eine Ansicht von oben zu gewinnen. Auf diese Weise habe ich die Pollenkörner zahlreicher Pflanzen untersucht und große Verschiedenheiten im Bau derselben nachgewiesen.

Das fertige Pollenkorn besteht im Allgemeinen aus zwei Häuten, einer inneren (Intine), welche sich als Zellstoff verhält und durch Jod und Schwefelsäure blau gefärbt wird, und einer äußeren (Exine), welche nicht mehr aus Zellstoff besteht und von concentrirter Schwefelsäure nicht gelöst, wohl aber häufig rosenroth gefärbt wird. Eine einzige aus Cellulose bestehende Pollenhaut zeigt der Blütenstaub von *Zostera*; eine sehr mächtige Intine besitzt das Pollenkorn von *Canna*, dagegen ist bei *Mirabilis* eine solche nur sehr schwach entwickelt und vielleicht richtiger als Hautschicht des Protoplasma zu deuten (Fig. 11. S. 91), doch findet man auch vereinzelt Körner mit einer aus Cellulose bestehenden Intine, wo alsdann die Hautschicht mangelt. Die Exine kann einfach, oder in doppelter Lage auftreten und dann in der äußeren Schicht die zierlichsten Bildungen zeigen, wofür die *Cichoraceen* und *Cobaea* mit regelmässigen sechseckigen, durch vorstehende Leisten gebildeten Feldern, die *Malvaceen* mit regelmässig gestellten Stacheln, die *Nyctagineen* und *Convulvaceen* mit Hohlräumen, deren zarte Ausführgänge zur Peripherie führen (Fig. 11. S. 91), geeignete Beispiele geben. Eine glatte Exine findet sich verhältnissmässig selten (bei *Canna*), warzenförmige Erhebungen sehen wir bei *Viscum* und *Alpinia*, netzförmige Bänder bei *Passiflora*, desgleichen lässt sich durch Anwendung von Schwefelsäure von *Thunbergia* die aus einer Schicht bestehende Exine als Spiralband ablösen. — Die Austrittsstellen für den Pollenschlauch in der Exine sind meistens in bestimmter Zahl und Stellung vorhanden, seltener fehlen dieselben (bei *Canna* und *Laurus*). Eine Austrittsstelle erscheint vorwaltend bei den *Monocotyledonen* und liegt dieselbe beim trockenen Korn vielfach in einer Falte (*Iris*, *Gladiolus*, *Lilium*, *Yucca* [Fig. 87]); bei den *Gramineen* ist ein rundes Loch in



der Exine vorhanden. Drei Austrittsstellen sind bei den Dicotyledonen sehr verbreitet (Onagrarien, Proteaceen, Cupuliferen, Geraniaceen, Compositen). Zwei Austrittsstellen sind selten (Ficus, Justicia, Beloperone), auch 4–6 Austrittsstellen sind nicht häufig (bei Impatiens, Astrapaea, Carpinus, Ulmus, Styliidium), viele Austrittsstellen gehören dagegen zu den häufigeren Fällen (Nyctagineen, Convolvulaceen, Malvaceen, Alsineen, Sileneen, Amaranthaceen, Opuntia). Die Austrittsstellen selbst können wirkliche Porencanäle darstellen und von einer zarten Membran verschlossen sein (Nyctagineen [Fig. 11. S. 91], Malvaceen), sie können aber auch als wahre Löcher auftreten (bei Geranium, den Cichoraceen und wahrscheinlich sämtlichen Compositen, Astrapaea), sie können endlich ohne scharfe Umgrenzung eine allmählig verdünnte Stelle der Exine bilden, wie bei denjenigen Körnern, welche im trockenen Zustande Falten bilden (Yucca, Gladiolus), während bei Quercus und Fagus mit drei Faltenporen überdies noch eine kreisförmige Austrittsstelle erscheint. Mit Deckeln versehen sind die Austrittsstellen von Cucurbita (Fig. 88) und in etwas anderer Weise von Stellaria. (Schwefelsäure auf das ganze Pollenkorn angewendet, trennt die Deckel von der übrigen Exine.)—Die Intine, welche immer aus einer Schicht besteht, zeigt unter den kreisförmigen Austrittsstellen häufig kreisförmige Anschwellungen, welche sich bei der Bildung des Pollenschlauches ausdehnen und ein sicheres Beispiel für die Dehnbarkeit der Zellstoffmembran abgeben (bei Cucurbita, den Malvaceen, bei Astrapaea, Campanula,

Fig. 87.

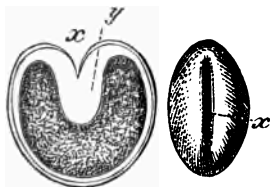


Fig. 88.

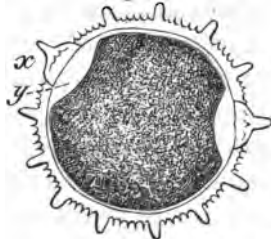


Fig. 87. *Yucca gloriosa*. Rechts ein Pollenkorn im trockenen Zustande, links ein Querschnitt in Wasser gesehen; *x* die Falte; *y* die Verdickung der inneren Pollenhaut unter derselben (Vergr. 350 mal und 800 mal).

Fig. 88. Durchschnitt eines Pollenkornes von *Cucurbita pepo*. *x* Ein Deckel in der Außenhaut über der verdickten Stelle der Innenhaut *y*, welche später als Pollenschlauch hervortritt (Vergrößerung 300 mal).

Carpinus), andere mehr allmähliche Anschwellungen der Intine erscheinen bei allen Pollenkörnern, die im trockenen Zustande Falten bilden und zwar mit einer Falte bei *Yucca* (Fig. 87), *Gladiolus*, mit mehreren bei *Quercus*, *Fagus* u. s. w.

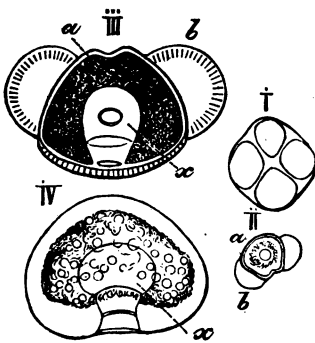
Zu vier verbundene Pollenkörner finden sich bei der Mehrzahl der Orchideen und sind dieselben hier noch durch einen zähen Schleim gruppenartig verbunden (gelappter Pollen), ferner bei vielen Ericaceen (*Rhododendron*) und bei *Typha*, *Anona*. 8—16 mit einander verbundene Pollenkörner besitzen die Mimoseen, und bei den Asclepiadeen sind sämtliche Körner eines Antherenfaches von einem structurlosen Sacke umhüllt. Zwischen Fliedermark erhält man sehr gute Querschnitte durch diese Pollinarien der Asclepiadeen; die zu 4 bis 16 verbundenen Körner der Ericaceen und der Mimosen lassen sich dagegen in Gummi gebettet nach S. 68 sehr wohl durchschneiden. Bei den zusammengesetzten Pollenkörnern treibt jede Zelle ihren eigenen Pollenschlauch.

Den Inhalt der Pollenkörner hat man mit verschiedenen Reagentien zu untersuchen, da in demselben sowohl Stärkemehlkörner, als sich durch Jod gelb färbende Körnchen, ferner Oeltropfen, Zucker und stickstoffhaltige Verbindungen vorkommen; von denen die zwei letzten schon durch die rothe Färbung des Inhaltes durch Schwefelsäure angezeigt werden. — An der Exine der Pollenkörner hängen oftmals Tropfen eines farblosen oder gelb bis roth gefärbten Oeles, welches dem Blütenstaub selbst eine bestimmte Farbe verleiht (*Mirabilis*, *Gossypium*) und bisweilen durch Schwefelsäure seine Farbe ändert (bei *Gossypium* blau wird), desgleichen bedeckt eine zähe schleimige Masse andere Pollenkörner (*Malva*) und erscheint in festen fadenförmigen Bildungen zwischen den Pollenkörnern der Onagrarien. (Der Ursprung dieser Oele und Fäden ist noch keinesweges genügend aufgeklärt.) Der körnige Inhalt des frischen Pollenkorns zeigt in der Regel mit dem Wasser des Objectträgers vermischt Molecularbewegung, dagegen ist in ihm nach Spermatozoiden bis jetzt vergeblich gesucht worden.

Zur Untersuchung der Exine und Intine können ältere Pollenkörner aus Herbariumpflanzen u. s. w. dienen, zur Kenntniß des Inhaltes und zur Beobachtung der Schlauchbildung aus der Intine muß dagegen ganz frischer Blütenstaub verwendet werden. In der Regel ist es nicht schwer, sich durch Uebertragung der Pollenkörner

mit einem trockenen Pinsel auf die Narbe der betreffenden Pflanze, Pollenschläuche zu verschaffen, und zeigt dann ein Längsschnitt durch die Narbe selbige an den Papillen hängend; auch gelingt es bisweilen durch vorsichtiges Abspülen der Narbe die Pollenkörner mit ihren Schläuchen zu isoliren; sicherer und eleganter erhält man dagegen derartige Präparate, wenn man die Pollenkörner, gleichgültig welcher Pflanze (die Nadelhölzer ausgenommen), auf die von zuckerhaltigem Saft strotzende Narbe der *Hoja carnosa* bringt, von der sie sich später sehr leicht durch einen feinen Pinsel abheben lassen. Im Frühjahr kann auch die beckenförmige, einen süßen Saft aussondernde, Drüse der Blumenblätter von *Fritillaria* zu demselben Zweck verwendet werden, und mögen andere von verschiedenen Pflanzen ausgeschiedene Zuckersäfte eine ähnliche Wirkung haben, da sogar dünner Zuckersyrup die Bildung des Pollenschlauches einleitet. In Wasser platzt dagegen häufig die Intine der Pollenkörner, in Folge der Endosmose, worauf sich der körnige Inhalt wurmförmig aus den Austrittsstellen hervordrängt.

Fig. 89.



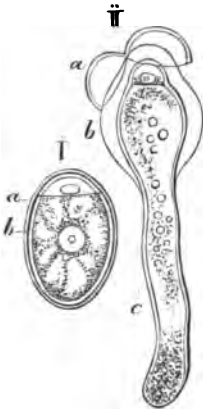
reren Zellen bestehendes Körperchen, welches an der Wand der Intine festsetzt und dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird (Fig. 89). Wenn

Fig. 89. Blütenstaub von *Picea vulgaris*. I Die Mutterzelle mit den vier Specialmutterzellen, aus denen die jungen Pollenkörner durch Wasser-aufsaugung hervorgetreten sind. II Ein solches Pollenkorn, schon mit dem centralen Theile (a) und den beiden seitlichen Anhängen (b) versehen. III Ein reifes Pollenkorn; x der Zellkörper, dessen freie Endzelle später zum Pollenschlauch wird. IV Die innere Pollenhaut, durch Anwendung von Salpetersäure aus der äußeren Pollenhaut hervorgetreten (I und II 200 mal, III und IV 300 mal vergrößert).

Die Bildung des Pollenschlauches erfolgt nach den Pflanzen verschieden schnell, häufig tritt die Intine schon nach einigen Stunden aus einer Austrittsstelle der Exine hervor, wobei, wenn diese verschlossen ist, die Haut gesprengt oder der Deckel fortgeschoben wird. Bei den Nadelhölzern entsteht der Pollenschlauch nicht aus der Intine selbst, sondern aus einer Tochterzelle derselben. Bei *Pinus*, *Picea*, *Abies* und *Larix* erkennt man ein aus mehreren Zellen bestehendes Körperchen, welches an der Wand der Intine festsetzt und dessen Endzelle zum Pollenschlauch wird (Fig. 89). Wenn

man Salpetersäure anwendet, so tritt die Intine mit ihrer Tochterzelle aus der Exine hervor und man erblickt das Zellenkörperchen noch deutlicher. Bei den Cupressineen und Taxineen theilt sich dagegen der Inhalt der Intine in zwei ungleiche Tochterzellen, deren

Fig. 90.



größere zum Pollenschlauch wird (Fig. 90). Die Exine der Coniferen reißt dabei zweiklappig auf und wird abgestreift. — Verzweigte Pollenschläuche findet man fast ausnahmslos bei *Fagus silvatica*, bei *Araucaria brasiliensis* und *Thuja*, seltener bei *Viola tricolor*, *Crocus* u. s. w. Die Durchschnitte der Pollenkörner kann man unter Chlorcalciumlösung aufbewahren, dagegen scheinen sich die Tochterzellen in den Pollenkörnern der Coniferen nicht zu conserviren, zum wenigsten ist es mir bei wiederholten Versuchen weder in Chlorcalciumlösung noch in Oelstifts gelungen. — Für die Entwicklungsgeschichte

des Pollenkornes verweise ich auf S. 112, desgleichen auf die Entwicklung der Anthere (Fig. 235).

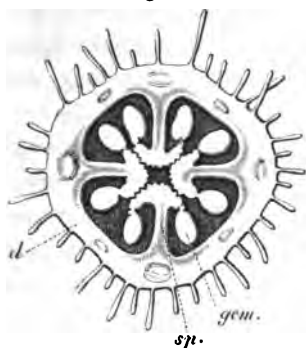
a) In Betreff des Staubweges und der Narbe, diese mögen nun einfach oder in der Mehrzahl vorhanden sein, sind in der Regel zarte Längsschnitte ausreichend und für die Narbe selbst wird die eine Flüssigkeit absondernde Oberhaut, die meistens papillenartig entwickelt ist, für den Staubweg aber der Verlauf seines Canals und das leitende Zellgewebe desselben, wichtig. Auch leistet ein zarter Querschnitt durch den Staubweg oftmals gute Dienste, indem man durch ihn die Gestalt des Canals (bei den Orchideen) und die Vertheilung der Gefäßbündel im Gewebe des Staubweges erkennt.

e) Für die Untersuchung des Fruchtknotens sind sehr zarte Querschnitte in verschiedenen Höhen nothwendig. Man muß, wenn der Fruchtknoten mehrfächerig zu sein scheint, sich bisweilen noch mit Hülfe der Nadel unter dem einfachen Mikroskop überzeugen, ob dies wirklich der Fall ist. Sehr viele Fruchtknoten nämlich, die in den Handbüchern als mehrfächerig mit centralem Samenträger an-

Fig. 90. *Cupressus sempervirens*. I Ein Pollenkorn mit seinen beiden Tochterzellen; a die Außenhaut; b die Innenhaut. II Ein anderes, welches aus der größeren Tochterzelle den Pollenschlauch (c) gebildet hat und seine Außenhaut abstreift (300mal vergrößert).

gegeben sind, erscheinen in der Wirklichkeit, wenigstens im oberen Theil, einfächerig mit mehreren wandständigen, bis zur Mitte der Fruchtknotenöhle vordringenden Samenträgern, sind dagegen im unteren Theile wirklich mehrfächerig, so bei den Onagrarien, Pyrolaceen, Monotropen u. s. w. Die Cucurbitaceen haben einen für seine ganze Länge mehrfächerigen Fruchtknoten mit wandständigen Samenträgern. Bei den Onagrarien sind nämlich vier wandständige Samenträger, die auf dem Querschnitt leistenartig in die Fruchtknotenöhle vorspringen

Fig. 91.



und an ihrem Ende sich nach beiden Seiten, an jeder Seite eine Reihe Samenknospen tragend, ausbreiten und an einander legen, vorhanden (Fig. 91). Zwischen den vier sich berührenden Samenträgern bleibt ein freier Raum, der gewissermaßen als Fortsetzung des Staubwegcanals dient, dagegen sind in der unteren Hälfte des Fruchtknotens die vier Samenträger mit einander vereinigt. Für mehrere kurze wandständige Samenträger bei einfächerigem Fruchtknoten

gibt *Viola* und für gespaltene als zwei Längsleisten mit zahlreichen Samenknospen abwärts laufende Samenträger geben die Orchideen geeignete Beispiele (Fig. 92). — Bei den erwähnten Querschnitten durch den Fruchtknoten ist außerdem auf die Vertheilung der Samenknospen am Samenträger zu achten, ob selbige in einfachen Längsreihen zu jeder Seite des letzteren, wie bei den Onagrarien (Fig. 91), oder zahlreich, wie bei den Ericaceen, auftreten. Auch verdient die Vertheilung der Gefäßbündel im Fruchtknoten und im Samenträger Berücksichtigung. Bei der Buche ist das Mittelsülchen im Innern des Fruchtknotens stark behaart<sup>1)</sup>.

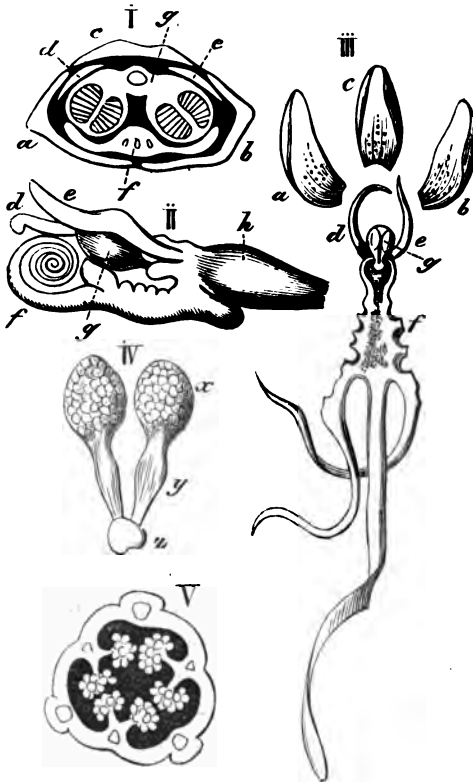
Die Richtung des Längsschnittes durch die Mitte des Fruchtknotens richtet sich theils nach der Anordnung der Samenträger und theils nach der Stellung des Staubweges und der Narben. Sehr häufig wird man Längsschnitte in verschiedenen Richtungen, durch die Mitte

Fig. 91. Querschnitt aus der oberen Hälfte des Fruchtknotens von *Oenothera muricata*; *d* die Wand desselben; *sp.* einer der vier wandständigen Samenträger; *gem.* eine Samenknospe (10mal vergrößert).

<sup>1)</sup> Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, Taf. III. Fig. 34.

des Fruchtknotens und wenn es möglich ist, auch durch die Mitte des Staubweges und durch einen Theil der Narbe geführt, darstellen können; noch häufiger aber, wenn dies nicht möglich ist, Narbe und

Fig. 92.



Staubweg für sich untersuchen müssen. Bei diesen Längsschnitten durch den Fruchtknoten hat man wiederum besonders auf das Verhalten der Samenträger und der Samenknospen, auf die Stellung der letzteren, auf die Verbindung des Staubwegcanals mit der Fruchtknotenhöhle, auf die Vertheilung der aus dem Stengel in den Fruchtknoten übergehenden Gefäßbündel und deren weitere Verzweigung in die übrigen Blüthentheile zu achten. Ein freies aber steriles Mittelsäulchen, als Verlängerung der Blütenachse im Innern des Blattfrucht-

Fig. 92. *Himantoglossum hircinum*. I Querschnitt durch die Blütenknospe. II Dieselbe von der Seite gesehen, nach der Entfernung der drei Blätter des ersten Kreises. III Sämmtliche Blätter der Blüthe von oben gesehen; a, b und c die Blätter des ersten Kreises; d, e und f die Blätter des zweiten Kreises, f ist als Lippe ausgebildet, welche in der Knospenlage, einer Uhrfeder gleich, aufgerollt erscheint und der auch der Sporn angehört; von dem dritten Blattkreise ist nur ein Blatt als sitzende vierfächerige Anthere (g) ausgebildet. IV Die Pollenmassen (x) der Anthere sammt ihrem Stiel (y) und der sogenannten Drüse, dem Retinaculum (z). V Querschnitt durch den Fruchtknoten, dessen wandständige Samenträger gespalten sind (iii in natürlicher Gröfse).

Fig. 93.

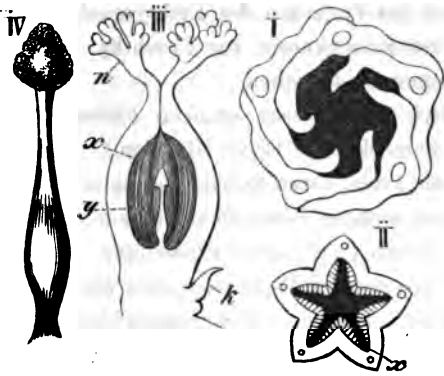


Fig. 94.

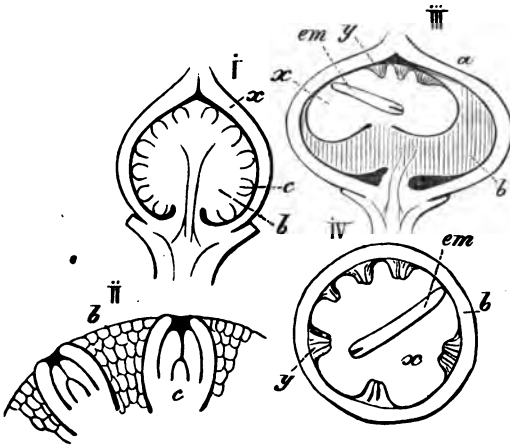


Fig. 93. *Carica cauliflora*. I Querschnitt durch die Blumenkrone kurz vor dem Aufblühen der Knospe (Aestivatio contorta). II Querschnitt durch den Fruchtknoten; bei *x*, welche Region der Mitte des Fruchtblattes entspricht, fehlen die Samenknospen. III Längsschnitt durch den Fruchtknoten; *y* das freie Mittelsäulchen; *n* die Narbe; *k* ein Kelchblatt. IV Das Mittelsäulchen bei viermaliger Vergrößerung (I 10mal vergrößert).

Fig. 94. *Ardisia excelsa*. I Längsschnitt durch den oberständigen Fruchtknoten zur Blüthezeit; *a* die Wand der Fruchtknotenöhle; *b* der centrale freie Samen Träger, dessen geradläufige Samenknospen (*c*) einzeln in das Gewebe eingesenkt sind, was II im vergrößerten Maßstabe darstellt. III Längsschnitt durch die reife Frucht; *x* die einzige zum Samen aus-

knotens, finden wir bei *Carica* (Fig. 93), ein freies Samenknospen tragendes Mittelsäulchen (Centralplacenta), dagegen bei den Primulaceen, Myrsineen und Lentibularieen (Fig. 94).

Der wichtigste Theil in der Fruchtknotenöhle ist die Samenknospe; und muß eine genaue Blütenanalyse deshalb auch über ihr Verhalten zur Blüthezeit Auskunft geben.

f) Für die Samenknospe ist dreierlei hervorzuheben:

1. die Anwesenheit und die Zahl der Knospenhüllen,
2. die Richtung der Samenknospe, namentlich für die Lage des Knospenmundes, d. h. desjenigen Ortes, wo

die Knospenhüllen eine Oeffnung lassen, zum Anheftungspunkt der Samenkospe, 3. die Lage und das Verhalten des Embryosackes zum Knospenkern, 4. die Lage der Samenkospe zur Fruchtknotenhöhle und die Zahl der Samenknospen in derselben.

Diese Fragen lassen sich nur in sehr wenigen Fällen durch die Betrachtung der ganzen Samenkospe lösen. Bei den Orchideen, bei *Monotropa*, bei den *Pyrola*-Arten, deren Samenknospen sehr klein und durchsichtig sind und bei weicher Beschaffenheit kein Präpariren zulassen, ist dies schon durch eine genaue Einstellung möglich; bei den *Scrophularineen* und den meisten *Personaten* aber wird etwas Aetzkalilösung die kleinen undurchsichtigen Samenknospen hinreichend durchsichtig machen. In den meisten Fällen muß man dagegen zarte Längsschnitte, genau durch die Mitte der Samenkospe anfertigen, was nach der Lage der letzteren im Fruchtknoten bei einigen Pflanzen (*Oenothera*, *Clarkia*), am besten bei Herstellung zarter Längsschnitte durch den Fruchtknoten selbst geschieht. Unter den vielen durchschnittenen Samenknospen findet man dann eine oder die andere, welche vom Schnitt richtig getroffen wurde. Bei anderen Pflanzen (bei *Iris* und bei *Cucurbita*), ist dagegen ein zarter Querschnitt durch den Fruchtknoten vortheilhafter. In den allermeisten Fällen wird man jedoch die Samenkospe selbst ablösen, dieselbe auf den Zeigefinger legen und mit Hülfe eines sehr scharfen, hohl geschliffenen Rasirmessers durch zwei Schnitte so zerlegen müssen, daß man eine zarte Längslamelle, welche genau die Mitte der Samenkospe bildet, erhält. Man verfährt hier am besten, indem man erst die eine Seite der Samenkospe hinwegnimmt, darauf die letztere mit Hülfe eines feinen Haarpinsels umwendet und nunmehr auch die andere Seite der Samenkospe entfernt. Den so erhaltenen Schnitt bringt man alsdann unter das Mikroskop und kann ihn, wenn er im Allgemeinen gelungen ist, häufig noch durch einen dritten oder vierten Schnitt, in derselben Weise ausgeführt, verbessern, wobei man sich über die richtige Lage kleiner Samenknospen auf dem Finger zuvor mit Hülfe der Lupe orientirt. Die Samen-

gebildete Samenkospe mit ihrem walzenförmigen Keim (*em*); *b* der Ueberrest des Samenträgers; *y* die vertrockneten Ueberreste der nicht zur Samenbildung gelangten Samenknospen. *iv* Der Querschnitt durch eine andere Frucht (*i* 30 mal, *ii* 150 mal, *iii* und *iv* 6 mal vergrößert). (Bei *i* lies *a* statt *x* und bei *iv* *a* statt *b*).



knospen der Labiaten, Borragineen, Cruciferen, Coniferen u. s. w. verlangen, zumal wenn man die Befruchtungsvorgänge in ihnen untersuchen will, eine derartige Behandlung.

In einzelnen Fällen wird man auch mit den gelungensten Schnitten über die Anwesenheit der Knospenhüllen nicht ins Klare kommen, was besonders da, wo der Knospenkern sehr unentwickelt ist und sehr frühe vom Embryosack verdrängt wird, Geltung findet, indem es hier ohne die Entwicklungsgeschichte möglicherweise zweifelhaft bleibt, ob ein nackter Knospenkern, oder ein einfaches sehr entwickeltes Integument vorhanden ist, wofür ich als Beispiel *Asclepias syriaca* erwähne, deren Entwicklungsgeschichte in der zweiten Ausgabe dieser Schrift vollständig mitgeteilt ist.

Für die Richtung der Samenknope will ich nur vier Haupttypen hervorheben, *a*) die geradläufige (orthotrope) Samenknope,

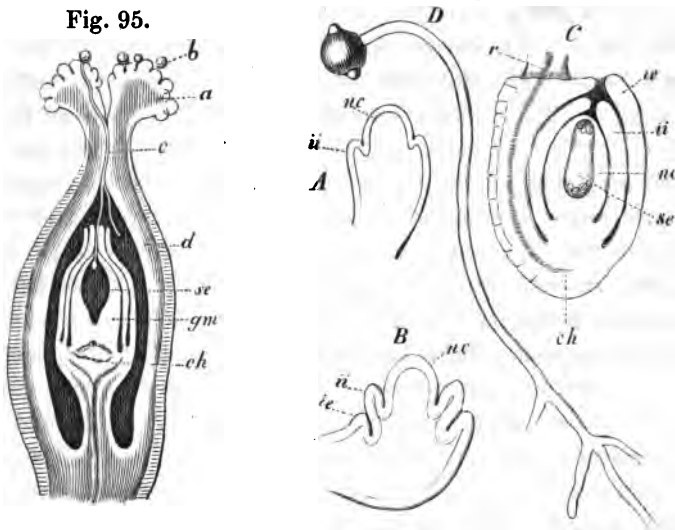


Fig. 96.

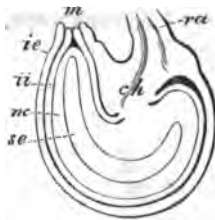
Fig. 95.

Fig. 95. Längsschnitt durch den Fruchtknoten von *Polygonum convolvulus*. Auf der Narbe (a) liegen Pollenkörner (b), welche durch den Staubwegcanal (c) Schläuche zur Samenknope (gm) herabsenden; einer derselben ist durch den Knospenmund in den Embryosack (se) getreten und hat bereits die Befruchtung des Keimbläschens vollzogen (Vergrößerung 40 mal).

Fig. 96. Entwicklungszustände der Samenknope von *Viola tricolor*. A Sehr junger Zustand, B etwas späterer, beide als Längsschnitte einge-

wo der Knospenmund in einer geraden Linie über dem Anheftungspunkt liegt (Hydrocharis, Taxus, Juglans, Ardisia [Fig. 94 II. S. 217], Polygonum) (Fig. 95); *b*) die gegenläufige (anatrope) Samenknope, wo der Knospenmund neben dem Anheftungspunkt liegt und wo das Gefäßbündel des Knospenträgers (die Raphe) längs der einen Seite der Samenknope verläuft (Cucurbitaceae, Irideae, Liliaceae, Impatiens, Podocarpus, Viola [Fig. 96]). Bei dieser und der vorigen Samenknope liegt der Knospengrund (Chalaza, der Ort, wo das Gefäßbündel des Knospenträgers endet) dem Knospenmunde gegenüber, der Knospenkern und Embryosack sind nicht gekrümmt; *c*) die gekrümmte (campylotrope) Samenknope, bei welcher die Entwicklung sämtlicher Theile nur einseitig stattgefunden hat und

Fig. 97.



der Knospenmund neben dem Anheftungspunkt liegt; die Raphe ist sehr kurz, der Embryosack gekrümmt (Cruciferen, Chenopodiaceen) (Fig. 97). *d*) Die gebogene (lycotrope) Samenknope, wo der Knospenkern und die ihn umhüllenden Integumente sichel- oder hufeisenförmig gekrümmt ist und in Folge dieser Krümmung der Embryosack ebenfalls gebogen er-

scheint (bei den Alismaceen und Potamogeton). Die zahlreichen Zwischenformen und Modificationen dieser Typen, die zum Theil besondere Namen erhalten haben, aber durch selbige lange nicht genügend zu charakterisiren sind, übergehe ich mit Stillschweigen; eine genaue Zeichnung der untersuchten Samenknope wird jederzeit besser wie die weitläufigste Beschreibung ihre Eigenschaften darthun.

In Betreff des Embryosackes hat man namentlich auf dessen Lage im Knospenkern zu achten. Bei den Orchideen und bei den Personaten wird der Knospenkern frühzeitig vom Embryosack verdrängt; bei den Rhinanthaceen, Orobanchen, Acanthaceen und bei den Labiäten bildet der Embryosack nach der Befruchtung oft stellt, *C* zur Blüthezeit im Längsschnitt. *D* Ein Pollenkorn, welches einen mehrfach verzweigten Schlauch treibt. *nc* Der Knospenkern der Samenknope; *ie* die äußere Knospenhülle; *ii* die innere Knospenhülle; *se* der Embryosack; *r* die Raphe oder das Gefäßbündel, welches vom Samenträger bis zum Knospengrund *ch* (zur Chalaza) verläuft (150mal vergr.).

Fig. 97. Samenknope von *Beta vulgaris*. *ch* Die Chalaza; *ie* das äußere Integument; *ii* das innere Integument; *nc* der Knospenkern; *se* der Embryosack; *m* der Knospenmund; *ra* die Raphe (Vergr. 30mal).

sehr bedeutende Aussackungen, welche das Parenchym des einfachen Integumentes resorbirend, dasselbe durchbrechen und nicht selten frei in die Fruchtknotenhöhle treten, was nur durch ganz zarte, genau durch die Mitte der Samenknospe geführte Längsschnitte nachzuweisen ist.

Für die Lage der Samenknospen zur Fruchtknotenhöhle unterscheidet man *a*) grundständige Samenknospen, welche direct aus dem Grunde der Fruchtknotenhöhle hervorgehen (*Polygonum*, *Juglans*) (Fig. 95. S. 219); *b*) hängende Samenknospen, deren Anheftungspunkt in der Fruchtknotenhöhle höher als der Grund der Samenknospe liegt (*Quercus*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Tropaeolum*, *Laurus*). — (Wo dagegen bei zahlreichen in demselben Fruchtknoten befindlichen Samenknospen keine entschieden ausgesprochene Richtung vorwaltet, wird sie als unbestimmt bezeichnet.) — Ob der Knospenmund nach abwärts, d. h. dem Grunde der Fruchtknotenhöhle, oder nach aufwärts, d. h. dem Staubwegcanal, zugewendet ist, wird ferner unterschieden (nach aufwärts bei den *Borragineen* (S. 203), nach abwärts bei den *Labiaten*). Endlich kommt noch die Zahl der Samenknospen eines Fruchtknotens oder eines Fruchtfaches in Betracht und findet man bei dem, durch das Nachinnenwachsen wandständiger Samenträger, mehrfächerig gewordenen Fruchtknoten häufiger in jedem Fach entweder zwei Samenknospen oder zwei Längsreihen derselben (*Onagrarieae* [Fig. 91. S. 215], *Liliaceae*, *Irıdeae*, *Cupuliferae* u. s. w.).

Mancherlei Nebenorgane der Blüthe als Nebenkrone, Nebentaubfäden, Nectarien, Discus u. s. w. will ich nicht besonders auführen; wer den von mir beschriebenen Untersuchungsgang genau befolgt, der wird unmöglich irgend ein derartiges Organ, wenn es vorhanden ist, übersehen können. Die Deutung dieser Organe ist dazu noch vielfach der Entwicklungsgeschichte zur Lösung vorbehalten.

*g*) Für die Untersuchung der reifen Frucht gilt im Allgemeinen das für die Untersuchung des Fruchtknotens angegebene Verfahren und hat man in anatomischer Hinsicht namentlich auf die Veränderungen in der Ausbildung der Gewebe, desgleichen auf stattgefundene Resorptionen u. s. w. zu achten. In morphologischer Beziehung wird die Gestalt und die Art des Aufspringens der Frucht wichtig, auch sind die Veränderungen der übrigen Blüthentheile, ob sie bald nach der Blüthe abfallen, oder ob sie verbleiben und welchen Antheil sie

an der Bildung der Frucht oder des Fruchtstandes nehmen, zu berücksichtigen.

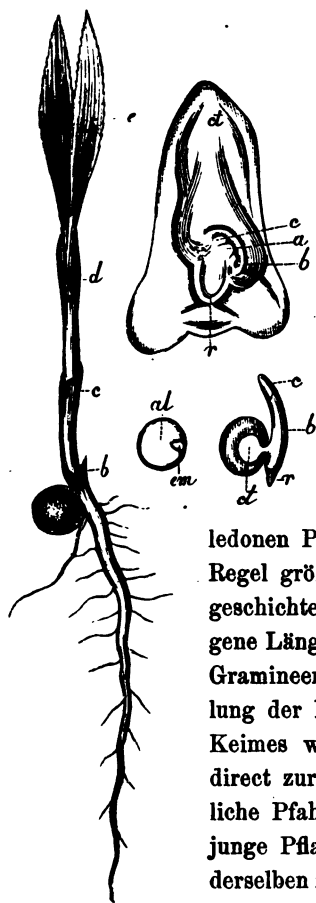
b) Der reife Same wird ähnlich wie die Samenknospe untersucht. In morphologischer Beziehung hat man auf seine Gestalt und auf die Beschaffenheit seiner Außenfläche zu sehen. Durch zarte Querschnitte und Längsschnitte überzeugt man sich von den Veränderungen des einfachen oder doppelten Integumentes zur Bildung der Samenschale, vom Vorhandensein oder Fehlen des vormaligen Knospenkernes, dessen Gewebe, wenn es in der Frucht erhalten ist, als Perisperm bezeichnet wird (Canneae), von dem Vorhandensein oder Fehlen des Sameneiweißes oder Endosperms, eines im Innern des Embryosackes entstandenen Parenchyms (Euphorbiaceae, Rhinanthaceae), und endlich von der Beschaffenheit der Zellen des Embryo selbst. Bei den Nymphaeaceen finden sich Perisperm und Endosperm gleichzeitig und bei Amaryllis versieht das einfache Integument die Stelle des Sameneiweißes. Bei diesen Untersuchungen ist der Inhalt der Zellen durch Jod und Chlorzink-Jodlösung u. s. w. zu prüfen. Aus dem reifen Samen kann man in der Regel über die zur Blüthezeit vorhandene Zahl der Knospenhüllen nichts erfahren. Zarte Querschnitte der Schale schleimgebender Samen (Cydonia, Psyllium) zeigen im Wasser sehr interessante Aufquellungserscheinungen<sup>1)</sup>.

Für den Embryo selbst und dessen Lage im reifen Samen ist eine Theilung des letzteren in zwei gleiche Hälften, desgleichen ein nicht allzu zarter Querschnitt vorthellhaft; harte Samen erweicht man zweckmäßig durch 24 stündiges Liegen in Wasser. Nicht selten wird auch ein Freipräpariren des ganzen Embryo aus dem Samen wünschenswerth sein, und wird man denselben in einigen Fällen mit auffallendem Licht unter schwacher Vergrößerung von mehreren Seiten betrachten und auf die mannigfachste Weise beleuchten müssen. Der Embryo der dicotyledonen Pflanzen wird selten für die Untersuchung schwierig sein; man unterscheidet bei ihm die Achse desselben, d. h. den ungetheilten Körper, welcher in der Richtung des Knospenmundes als Würzelchen, am gegenüber liegenden Ende aber zwischen den beiden Samenlappen als Stammknospe (Plumula) endigt und die beiden Samenlappen, welche aus dieser Achse hervorgehen. Die Abietineen besitzen 5—11 Samenlappen; die beiden Samenlappen

<sup>1)</sup> HOFMEISTER, Bericht der Sächsischen Gesellschaft 1858.

der Linde (*Tilia*) dagegen sind nur tief geteilt; die Orobanchen, Monotropa, und unter den Monocotyledonen die Orchideen, besitzen gar keine Samenlappen. Die Stammknospe (*Plumula*) des Embryo ist bei einigen Pflanzen sehr entwickelt (bei *Tropaeolum* sind schon zwei Blätter vollständig angelegt), bei

Fig. 98.



anderen ist sie dagegen nur als kleiner Hügel zwischen den Samenlappen vorhanden (*Pedicularis*, *Impatiens*, *Hippuris*); der Keim der Wallnuss besitzt außer zwei angelegten Fiederblättern noch zwei Längsreihen von Achselknospen. Die *Radicula* aller von mir untersuchten dicotyledonen Pflanzenkeime ist mit einer Wurzelhaube versehen (als Beispiel die Nadelhölzer), Mark und Rinde sind bei allen durch den Cambiumring geschieden (Fig. 47. S. 166), ja in manchen Fällen (bei der Eiche, Wallnuss u. s. w.) S. 147) sind im Keim schon einige Gefäße vorhanden. Der Embryo der monocoty-

ledonen Pflanzen bietet der Untersuchung in der Regel größere, oft nur durch die Entwicklungsgeschichte zu beseitigende Schwierigkeiten. Gelingene Längsschnitte sind hier sehr wichtig; bei den Gramineen erkennt man durch sie die Entwicklung der Nebenwurzeln. Das *Radicula*-Ende des Keimes wird bei den Monocotyledonen niemals direct zur Wurzel; ihnen fehlt deshalb die eigentliche Pfahlwurzel. Die Scheide, aus welcher die junge Pflanze hervortritt, ist als das erste Blatt derselben zu betrachten; bei einigen Palmen bleiben zwei und drei Blätter scheidenartig (Fig. 98 *b, c, d*).

Fig. 98. Der kugelige Same der *Chamaedorea* durchschnitten vor und im Beginn der Keimung, desgleichen ein Längsschnitt durch die Mitte des Keimes vor der Keimung (25 mal vergrößert), endlich eine Keimpflanze, welche bereits das vierte Blatt (*e*) entfaltet hat; *a* der Vegetationskegel der Stammknospe; *b* das erste, *c* das zweite, *d* das dritte, *e* das vierte Blatt; *al* das Sameneiweiß; *ct* der Samenlappen; *em* der Keim.

Ein Urparenchym-Gewebe, welches bei den Monocotyledonen unter der Plumula liegt, bezeichne ich als Keimlager (Fig. 99 C, x); weil aus demselben die ersten Gefäßbündel, desgleichen die ersten Nebenwurzeln entspringen (bei den Gräsern und Palmen).

Die Gestalt und die Lage des Embryo im Samen, desgleichen das Vorhandensein oder Fehlen des Sameneiweißes sind für die systematische Botanik wichtig. Die Keimachse liegt übrigens in allen Fällen so, daß ihr Wurzelende immer dem Knospenmund zugewendet ist; wenn man demnach die Gestalt der Samenknospe kennt, so ist damit auch die Lage des Keimes im Samen, in Bezug auf die Achse des letzteren, gegeben und kann nur die Größe, Gestalt und Lage

Fig. 100.

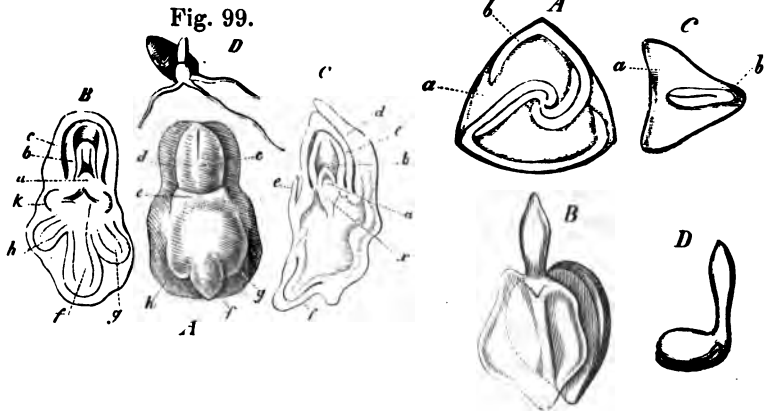


Fig. 99. A Der Keim eines Grassamens (*Agropyrum fastuosum*) von oben gesehen. B Als Längsschnitt von oben. C Als Längsschnitt von der Seite. a Der Vegetationskegel der Stammknospe (die Plumula), unter welcher schon drei Blätter entstanden sind; c das erste dieser Blätter (welches auf dem Querschnitt nur zwei Gefäßbündel zeigt), aus dessen Spalte beim Keimen der junge Halm hervortritt, und welches als Scheide (Coleopyle) verbleibt; b das zweite Blatt, welches sich gleich den folgenden vollständig ausbildet; d der Samenlappen; e ein Theil desselben, aus welchem c hervortritt; f, g, h, k Nebenwurzeln; x das Keimlager unter dem Vegetationskegel (10mal vergrößert). D Ein keimendes Samenkorn; die Nebenwurzeln f, g, h sind schon hervorgetreten.

Fig. 100. A und B *Polygonum fagopyrum*, C und D *Polygonum convolvulus*. A und C Querschnitte durch den reifen Samen; a das Sameneiweiß (Endosperm); b der Keim. B und D Der Keim aus dem Sameneiweiß vorsichtig herausgelöst (8mal vergrößert).

der Samenlappen zu einander und zur Keimachse noch fraglich sein (Fig. 100). Die *Cuscuta*-Arten besitzen eine uhrfederartig aufgerollte Keimachse ohne oder mit sehr unentwickelten Samenlappen.

Die Entwicklungsgeschichte der Blüthe bietet grössere Schwierigkeiten, als die Bildungsgeschichte des Stammes, der Wurzel und der Blätter, denn man hat bei der Kleinheit des Gegenstandes die Richtung des Schnittes nicht immer in seiner Gewalt und muß deshalb oftmals aus sehr vielen Schnitten diejenigen wählen, welche in der rechten Richtung getroffen sind. Um dies genau beurtheilen zu können, muß man jedoch schon einige Untersuchungen dieser Art gemacht haben. Bei unregelmäßigen Blüthen wird die Sache noch schwieriger. Außerdem hält das Wachsthum der verschiedenen Blattkreise nicht immer gleichen Schritt; die Blumenblätter, obschon jederzeit früher als die Staubfäden angelegt, bleiben z. B. sehr häufig in ihrer weiteren Entwicklung hinter letzteren zurück, und können deshalb leicht übersehen werden. Wer sich mit der Entwicklungsgeschichte unregelmäßiger Blüthen beschäftigen will, muß deshalb zuvor durch gründliche Untersuchungen über die Entwicklung der regelmäßigen Blüthen genau orientirt sein, und empfehle ich als für Anfänger besonders geeignete Pflanzen die *Oenothera*-, *Clarkia*- und *Epilobium*-Arten. Man hat überhaupt, um sich die Sache zu erleichtern, Pflanzen mit ährenförmigen Blüthenständen und ohne Behaarung zu wählen, weil der Längsschnitt durch die Mitte einer Blüthenähre in den Achseln der Deckblätter abwärts vom Vegetationskegel eine ganze Reihenfolge von Entwicklungsstufen der Blüthe darbietet, und weil bei unbehaarten Blüthen die Beobachtung ungleich sicherer ist, da hier die Luft nicht stört, welche sich zwischen den Haaren ansammelt und erst durch Alcohol entfernt werden muß, dessen Anwendung aber bei so jungen Gegenständen selten rathsam ist.

Es giebt zwei Wege für diese Untersuchung, 1. ein Freipräpariren der auf einander folgenden Stadien der Blüthenanlage unter dem einfachen Mikroskop und 2. die Darstellung höchst zarter, in bestimmten Richtungen geführter Längs- und Querschnitte durch den ganzen Blüthenstand. Ich muß dem zweiten Verfahren entschieden das Wort reden, es führt, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, viel rascher und viel sicherer zum Ziel, es gewährt einen viel genaueren Blick in die inneren Verhältnisse der Blüthe und ihrer Theile und ist endlich bei einiger Uebung ungleich bequemer und leichter

ausführbar. Beim Freipräpariren ist man, selbst bei der größten Gewandtheit in Führung der Nadeln, niemals ganz vor Verletzungen durch dieselben gesichert; die Beobachtung selbst wird endlich, da man die Blütenanlagen nicht wie bei dem Verfahren durch den Schnitt als Flächenansichten, sondern als Körper bei verschiedener Einstellung betrachten muß, erschwert. In den meisten Fällen wird man jedoch zweckmäßig beide Methoden anwenden, dann aber nicht leicht irgend etwas Wesentliches übersehen können.

Zur Untersuchung wählt man zunächst die allerjüngsten Blütenzweige und macht Längsschnitte aus freier Hand; der Schnitt muß hinreichend zart sein und genau die Mittellamelle des Blütenstandes darstellen, man muß an ihm die Terminalknospe und unterhalb derselben die werdenden Blätter erblicken. In den etwas tiefer gelegenen Blättern (hier Blüten-Deckblätter oder Bracteen genannt) wird man die erste Anlage der achselständigen Blüten, als rundes zelliges Körperchen, dem Anfang einer Blattknospe durchaus ähnlich, wahrnehmen; dieses zellige Körperchen aber ist die Achse der Blüthe. In der Achsel der etwas tiefer gelegenen Blätter wird man im Umkreise dieses zelligen Körperchens schon die Kelchblätter als runde Würzchen hervortreten sehen, und wo der Schnitt eine solche Blütenanlage halbirt hat, zwischen diesen Kelchrudimenten die Spitze der Blütenachse als runde Erhebung (als Vegetationskegel, unter welchem die Kelchblätter entstanden) erblicken. Noch weiter abwärts wird man auf demselben Längsschnitt durch den jungen Blütenstand das Auftreten des zweiten Blattkreises und darauf des dritten u. s. w. wahrnehmen (Taf. II. Fig. 14—20 zeigt das Auftreten der einzelnen Blattkreise nach einander für die Blütenknospe von *Matthiola* auf Querschnitten durch die letztere).

Hat man sich durch Längsschnitte über das Verhalten der Blattkreise zum Vegetationskegel der Blütenanlage orientirt, so verfertigt man zarte Querschnitte, von der Spitze des Blütenstandes ausgehend; und ist hier, weil die Stellung der Blütenanlagen zur Hauptachse (zum gemeinschaftlichen Blütenstiel) einen mehr oder weniger spitzen Winkel bildet, ein etwas schief gegen die Hauptachse geneigter Schnitt empfehlenswerth, was namentlich für die tiefer gelegenen Blütenanlagen nothwendig und nach dem Längsschnitt durch den Blütenstand selbst am besten erkannt wird. Für die Untersuchung kommt es hier zunächst auf scharfe, sich genau mit der



Längsachse der Blütenanlage kreuzende Querschnitte an und muß man aus der großen Menge von durchschnittenen Blütenrudimenten, die ein einziger solcher Schnitt zu liefern pflegt, diejenigen herauswählen, welche vom Messer in der rechten Richtung getroffen wurden. Man wird hier manchen Schnitt darstellen müssen, bis man für die verschiedenen Entwicklungsstadien die nöthigen vollkommenen Präparate erhält.

Da aber eine lückenfreie Reihenfolge der Entwicklungsstufen hier durchaus nothwendig ist, so halte ich es für sehr zweckmäßig, alle gelungenen Quer- und Längsschnitte dieser Art in ihren Umrissen mit der Camera lucida zu entwerfen. Wenn man darauf die Längs- und Querschnitte gleicher Entwicklungsstufen mit einander vergleicht, kann das Verständniß derselben nicht fehlen. Die wenigen Beispiele, die ich auf Taf. II. gegeben habe, werden dies beweisen und zugleich besser als eine langweilige Beschreibung dasjenige zeigen, worauf man zu achten hat und wie sich dasselbe nach diesem Untersuchungsverfahren dem Auge darstellt. Für die Untersuchung selbst muß ich noch bemerken, daß zur Verbesserung des Längsschnittes, durch Entfernung störender Theile und ebenso zum Isoliren der brauchbaren Präparate eines durch den ganzen Blütenstand geführten Schnittes das einfache Mikroskop unentbehrlich ist. Den Längsschnitt wird man häufig durch mehrmaligen Gebrauch des Rasirmessers verbessern können; für den Querschnitt dagegen ist eine derartige Verbesserung selten zulässig, weil die einzelnen Theile desselben dabei meistens verschoben oder gar von einander gelöst werden.

Für die Entwicklungsgeschichte der Blüthe hat man beim Querschnitt vor allem zu achten:

1. Auf die Reihenfolge der Blattkreise und auf die Zahl derselben.
2. Auf die Stellung der Theile eines Blattkreises zu denjenigen des vorhergehenden. Wenn diese Theile nicht mit einander abwechseln, so hat man zunächst nach den Rudimenten eines sich vielleicht nicht ausbildenden Blattkreises zu suchen. Sollten sich selbige nicht finden, so ist es auch nicht gerechtfertigt, von einem verkümmerten oder fehlgeschlagenen Blattkreise zu reden<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Durch zahlreiche genaue Untersuchungen veranlaßt, habe ich hier meine frühere Ansicht (erste Auflage dieses Buches) ändern müssen. Ich kann jetzt nur da ein Verkümmern annehmen, wo sich die Rudimente der verkümmerten Theile, oder wenigstens statt derselben Lücken an derjenigen Stelle, wo sie auftreten müßten, durch die Entwicklungsgeschichte nachweisen lassen.

3. Auf die Zahl der Theile jedes Blattkreises und deren Uebereinstimmung unter einander. Wo der eine Blattkreis weniger Theile als der vorhergehende besitzt, erkennt man in der Regel schon an der Stellung zu den Theilen des vorhergehenden das Verkümmern des einen oder anderen Organes und hat dann sorgfältig nach dessen Anlage zu suchen, die man nicht selten als unscheinbares Wärrchen an ihrer richtigen Stelle finden wird; so bei *Salvia*, wo der dritte Blattkreis (die Antheren) nicht vollständig sind, indem von fünf Wärrchen, welche hervortreten, nur zwei als Antheren ausgebildet werden, während bei anderen Labiaten von fünf der Anlage nach vorhandenen Staubblättern nur eines verkümmert. Wenn dagegen, was freilich selten der Fall ist, ein Kreis mehr Theile als der vorhergehende besitzt, so ist zunächst darauf zu achten, ob der vorhergehende Kreis vollzählig ist und ob die überzähligen Theile des folgenden Kreises wirklich diesem Kreise angehören. Bei *Cleome* zählt der dritte Blattkreis (die Staubblätter) zwei Elemente mehr als die beiden vorhergehenden viergliederigen Kreise. Bei *Balsamina* hat der dritte Kreis (die Staubblätter) ein Element mehr als die beiden vorhergehenden viergliederigen Kreise (Fig. 101). Bei den Cruciferen

Fig. 101.

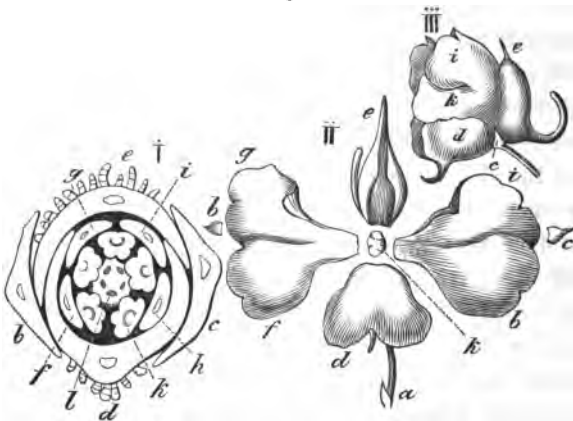
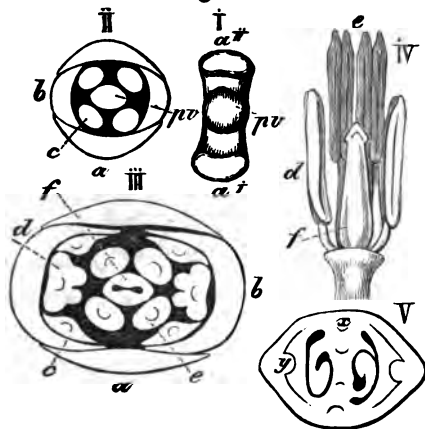


Fig. 101. *Balsamina hortensis*. I Querschnitt durch die junge Blütenknospe (40 mal vergrößert). II Die offene Blüthe in ihre Theile zerlegt. III Die offene Blüthe von der Seite gesehen. *a* Die Bractee; *b*, *c*, *d* u. *e* gehören dem ersten viergliederigen Blattkreis der Blüthe; *b* u. *c* bleiben klein und grün, *d* bildet das untere gefärbte Blatt mit der dornartigen

Fig. 102.



verschiedenen Entwicklungsstadien Auskunft erhält (Fig. 103). Hier zeigt sich denn, daß ein wirkliches Verwachsen selten vorkommt, daß dagegen häufig die weitere Trennung der Theile eines oder mehrerer Blattkreise unterbleibt, auf welche Weise die sogenannte verwachsen-blättrige Blumenkrone (corolla gamopetala), desgleichen

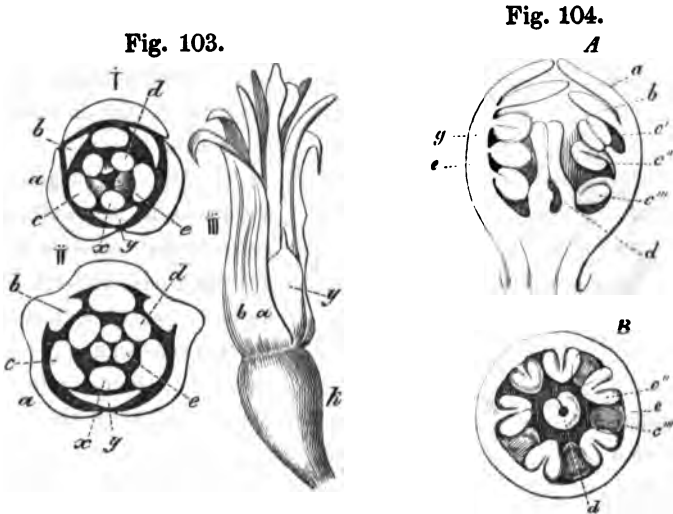
Verlängerung, *e* dagegen das obere gefärbte Blatt mit dem Sporn; *f*, *g*, *h* u. *i* sind die vier Blätter des zweiten Kreises, dessen fünftes fehlt; *f* u. *g* sowie *h* u. *i* bleiben im unteren Theile verbunden; *k* stellt eine der fünf Antheren dar und *l* eine Höhlung des sich bildenden fünffächerigen Fruchtknotens (für II ist rechts *b* in *h* und für III *k* in *h* zu verbessern).

Fig. 102. *Matthiola madeirensis*. I Der erste Anfang der Blüthe. Um den centralen Vegetationskegel der Blütenachse sind zwei Blättorgane *a*<sup>I</sup> und *a*<sup>II</sup> entstanden. II Ein weiteres Stadium. Nachdem abermals ein zweigliedriger Blattkreis (*b*) erschienen ist, hat sich ein viergliedriger Blattkreis (*c*) gebildet, aus dem die vier Blumenblätter hervorgehen, während *a* und *b* die Kelchblätter bilden. III Ein weiterer Zustand der Blütenentwicklung. Nach dem viergliedrigen Blumenblattkreis ist der erste zweigliedrige Staubblattkreis *d* erschienen, dem ein viergliedriger Staubblattkreis *e* gefolgt ist, bis endlich ein zweigliedriger Fruchtblattkreis *f* den Entwicklungszyclus beschließt. In dieser Blüthe wechseln demnach zwei- und viergliedrige Blattkreise mit einander. IV Die inneren Theile der Blüthe von der Seite gesehen; zwei der Staubfäden *e* sind entfernt. Die Bezeichnung wie oben. V Querschnitt durch den Fruchtknoten zur Blüthezeit. *x* Die Mitte des Fruchtblattes, aus welcher sich die Scheidewand gebildet hat; *y* der Theil des Fruchtknotens, welcher dem Rande beider Fruchtblätter entsprechen würde (I u. II 60 mal, III 30 mal, IV 6 mal und V 40 mal vergrößert) (vergl. Taf. II. Fig. 14—26).

dagegen erscheinen zweigliedrige und viergliedrige Kreise (Fig. 102) und bei den Laurineen dreigliedrige und sechsgliedrige Kreise (Fig. 81. S. 207) in bestimmter Folge.

4. Auf das sogenannte Verwachsen der anfänglich getrennt auftretenden Theile des einen oder anderen Blattkreises, worüber man nur durch Vergleichung glücklich geführter Querschnitte aus

der sogenannte verwachsen-blättrige Kelch, ferner die Antherenröhre, z. B. bei *Alternanthera* (Fig. 84. S. 208) und endlich der Fruchtröhre,



**Fig. 103. *Musa sapientum*.** I Die junge Blütenknospe im Querschnitt; *a* ein Blatt des äusseren dreigliedrigen Blattkreises; *b* ein Blatt des zweiten dreigliedrigen Kreises; *c* ein Blatt des ersten Staubblattkreises; *d* ein Blatt des zweiten Staubblattkreises; *e* eines der drei Narbenblätter. Alle fünf Blattkreise sind dreigliedrig und alternieren mit einander. II Ein Querschnitt durch eine etwas weiter entwickelte Knospe; die drei Blätter des ersten Kreises sind unter sich und mit zwei Blättern des zweiten Kreises vereinigt, nur das dritte Blatt *y* ist frei geblieben. Das ihm vorgestellte Staubblatt *x* verkümmert später, worauf die ausgebildete Blüthe III eine aus fünf nicht getrennten Blättern entstandene, jedoch an einer Seite offene Blütenhülle (*a* und *b*), und daneben ein kleines freies Blatt (*y*), welches von derselben umschlossen wird, ausserdem aber fünf Staubblätter, desgleichen einen aus drei Blattorganen entstandenen Staubweg besitzt, dessen knopfförmige Narbe noch drei Blattrudimente zeigt. Der unterständige Fruchtknoten wird bei den späteren sogenannten männlichen Blüten nicht mehr ausgebildet, deshalb entwickeln nur die Blüten der ersten Bracteen Früchte (I und II 50mal vergrößert, III in natürlicher Grösse).

**Fig. 104. A** Längsschnitt einer ganz jungen Kirschblüthe (*Prunus Cerasus*); *a* Kelchblatt; *b* Blumenblatt; *c'*, *c''* und *c'''* Staubblätter, drei verschiedenen Kreisen angehörig; *d* der Fruchtknoten, aus einem Fruchtblatt entstanden; *e* der Blütenboden, d. h. der Grund der Blüthe, welcher Staubblätter, Blumenblätter und Kelchblätter trägt. **B** Querschnitt einer Blütenknospe desselben Entwicklungszustandes in der Höhe von *g* der Fig. A ausgeführt. Die Bezeichnung wie bei A (Vergrößerung 40mal).

knoten sehr vieler Pflanzen aus nicht getrennten Fruchtblättern entsteht. Ebenso können bestimmte Blattorgane eines Kreises an ihrer Spitze getrennt, am Grunde dagegen vereint erscheinen (Balsamina Fig. 101. S. 228), oder gar Glieder mehrerer Kreise zu einem Ganzen verschmelzen (Musa Fig. 103)<sup>1</sup>).

5. Auf den Bau der Antheren, ob sie bis zu einer gewissen Zeit ein-, zwei- oder vierfächerig sind, ferner ob sie nach innen oder nach außen aufspringen werden, was sich durch einen Querschnitt der schon vollständig angelegten Blütenknospe am allerbesten wahrnehmen läßt. (Nach innen aufspringend Fig. 101. S. 228 und Fig. 102. S. 229 nach innen und außen Fig. 81. S. 207.)

6. Auf die den Fruchtknoten bildenden Theile. Der oberständige Fruchtknoten kann von Anfang an als geschlossene Röhre entstehen, er kann aber auch aus ursprünglich getrennten Blättern durch wirkliche Verwachsung gebildet werden. Derselbe kann in letzterem Falle aus einem (Fig. 104), aber auch aus mehreren Blättern entstehen (zwei Fruchtblätter bei den Asclepiadeen, wo freilich nur die beiden Narben miteinander verwachsen sind, drei Fruchtblätter bei den Tropaneen und Euphorbiaceen). Die Zahl dieser Theile steht selten zu den Theilen der vorhergehenden Blattkreise in einiger Beziehung. Den oberständigen Fruchtknoten möchte ich selbst in denjenigen Fällen, wo er als eine geschlossen emporwachsende Röhre entsteht (Cleome, die Cruciferen), als Blattgebilde, der Blütenröhre monopetaler Blüten entsprechend, ansehen und wie dort nach den Zipfeln des Randes auch hier nach der Zahl der Narben die Zahl der zusammengetretenen Blätter berechnen. Der wirklich unterständige Fruchtknoten wird dagegen in seinen äußeren Theilen immer als hohl gewordener Blütenstiel zu betrachten sein, bei dem jedoch, durch das Auftreten wandständiger Samenträger und deren nicht abweisbaren Zusammenhang mit den Narbenblättern, auch eine Theiligung der Blattgebilde unverkennbar ist. Die Frage, ob Blatt- oder Stengelfruchtknoten hat deshalb nur geringe Bedeutung.

7. Auf das Entstehen der Samenträger und der Samenknospen an denselben. Man erfährt durch diese Untersuchung den Ursprung der Scheidewände des mehrfächerigen Fruchtknotens, welche aus den

<sup>1</sup>) Man vergleiche den Abschn. VI meiner Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse: Ueber die Entwicklungsgeschichte des Fruchtknotens.

mit einander verwachsenen Rändern zweier sich berührender und ursprünglich getrennter Fruchtblätter hervorgehen können (bei *Nigella*, *Tropaeolum*, *Euphorbia*), viel häufiger aber durch die bis zum Centrum der Fruchtknotenöhle vordringenden wandständigen Samenträger entstehen, in welchem Falle der obere Theil des Fruchtknotens einfächerig, mit bis zur Mitte vordringenden wandständigen Samenträgern sein kann, während der untere Theil mehrfächerig erscheint, indem, wahrscheinlich durch Emporwachsen des Mittelsülchens, eine Verschmelzung des letzteren mit den Wandplacenten erfolgt (*Onagrarieae*, *Ericaceae*, *Cupuliferae*). Wandständige Samenträger sind überhaupt sehr verbreitet, bleiben sie kurz, so ist der Fruchtknoten, auch wenn das Mittelsülchen emporwächst, einfächerig (Fig. 92 u. 93. S. 216), vereinigen sie sich, selbst weiter einwärts dringend, nicht mit einander, so bleibt er gleichfalls einfächerig (*Cucurbitaceae*). Nun wird man sich leicht überzeugen, daß alle wandständigen Samenträger, ohne Ausnahme, immer ihrer Stellung nach den sich berührenden Rändern der Narbenblätter entsprechen, und daß die Zahl der Narben jederzeit mit der Zahl der wandständigen Samenträger correspondirt, wovon selbst die unterständigen Fruchtknoten nicht ausgenommen sind, und diejenigen Blüten, deren Narbenzahl nicht constant ist, als sichere Beispiele dienen (*Opuntia*, *Quercus*). Bei den Cruciferen wächst die Scheidewand dagegen aus der Mitte der beiden sich gegenüber liegenden Fruchtblätter hervor (Taf. II. Fig. 19—21) und bei den Carpineen, Betulineen, desgleichen bei *Coffea*, ist von zwei wandständigen Samenträgern einer unfruchtbar <sup>1)</sup>.

Ueber Narbe und Staubweg wird der Querschnitt nur selten genügende Auskunft geben, doch zeigt er die Gestalt und Größe des Staubwegcanals und giebt bei wandständigen Samenträgern auch über die Anordnung des leitenden Gewebes Auskunft (Orchideen).

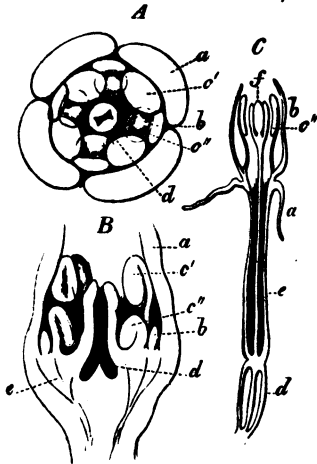
Bei den Längsschnitten hat man zu achten:

1. Auf die ursprüngliche Einfügung der Theile eines oder mehrerer Blattkreise und auf deren spätere Stellung, ob dieselbe unverändert geblieben, oder ob die Theile des einen oder des anderen Blattkreises höher hinaufgerückt sind. Ursprünglich stehen nämlich alle Blattkreise der Blüthe nach der Reihenfolge ihres Entstehens dicht unter dem Vegetationskegel der Blütenanlage, später aber kann

<sup>1)</sup> Man vergleiche meinen Baum. 2. Aufl. Taf. IV. Fig. 4, 15 u. 41.

durch Verlängerung des Theiles der Blütenachse auf dem sie eingefügt sind, der eine Blattkreis höher gehoben, desgleichen können mehrere Blattkreise mit einander emporgehoben werden, wofür *Oenothera* mit langer Kelchröhre (Fig. 105), desgleichen *Arachis* Beispiele geben.

Fig. 105.



Der Längsschnitt zeigt ferner die Bildung eines Discus, oder das Entstehen appendiculärer Organe, zum Beispiel der schön gefärbten Auswüchse im inneren Grunde der Passiflorenblüthe; desgleichen die Entwicklung der Haare u. s. w. Die Cupula der Eiche und der Buche entwickelt sich aus einem Discus, welcher sich, nachdem die übrigen Blüthentheile angelegt sind, becherförmig erhebt und unter seinem Rande Blätter bildet, die bei unserer Eiche schuppenartig bleiben, sich bei der Buche dagegen nicht unbedeutend verlängern.

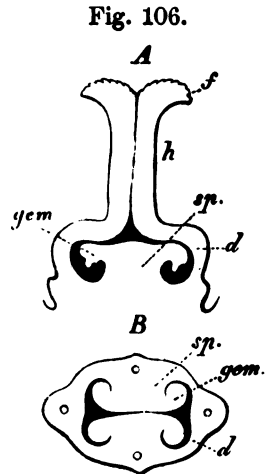
2. Auf die Entwicklung des Fruchtknotens, ob nämlich im Innern seiner Höhlung noch die eigentliche Spitze der zur Blüthe gewordenen Knospe erkennbar ist, und ob dieselbe, wenn sie sich erhebt, zum freien mittelständigen Samenträger wird, wie bei den Primulaceen, Lentibularien, Santalaceen und Myrsineen (Fig. 94. S. 217), oder ob sie mit den vorhandenen wandständigen Samenträgern vereint, den unteren Theil des Fruchtknotens mehrfächerig macht, während der obere Theil, zu welchem das Mittelsäulchen nicht hinaufreicht, einfächerig bleibt, wie bei *Oenothera* (S. 215) und den Ericaceen, oder ob sich endlich dieses Mittelsäulchen mit wirklichen Fruchtblättern vereinigt, wie bei *Nymphaea*, *Tropaeolum* und den ächten *Euphor*

Fig. 105. *A* Querschnitt einer sehr jungen Blütenanlage der *Oenothera muricata*. *a* Kelchblätter; *b* Blumenblätter; *c'* und *c''* Staubblätter des ersten und des zweiten Staubblattkreises; *d* Anlage des Fruchtknotens. *B* Längsschnitt desselben Entwicklungszustandes; *d* die Fruchtknotenöhle; *e* der Theil, welcher später die Kelchröhre bildet (Vergrößerung 40mal). *C* Längsschnitt einer Blume zur Blüthezeit (natürliche Gröfse); *f* die Narben. Die übrigen Buchstaben wie oben.

biaceen mit einsamigen Fruchtblöchern, wo die einzige Samenknope jedes Fruchtfaches am Mittelsäulchen entsteht, während bei *Buxus* mit zwei Samenknochen in jedem Fach die Scheidewände wahrscheinlich durch wandständige, mit dem Mittelsäulchen vereinigte Samenträger entstanden sind. *Carica cauliflora* mit kurzen wandständigen Samenträgern besitzt ein freies und steriles Mittelsäulchen (Fig. 93. S. 217). Interessant ist es noch, auf die Fortbildung des Fruchtknotens, ob derselbe an seiner Spitze oder an seiner Basis wächst, und wie sich Narbe und Staubweg bilden, zu achten.

3. Auf den Zusammenhang des Staubwegcanals mit der Fruchtknotenhöhle. Der Verbindungsweg wird oftmals nur durch die Entwicklungsgeschichte der Blüthe richtig erkannt. Ein Vergleich gelungener Längsschnitte verschiedener Stadien läßt über ihn niemals im Zweifel (Fig. 106). Der Staubweg ist einfach in allen denjenigen Fällen, wo eine Trennung der Fruchtblätter nur in der Spitze stattfindet, dagegen mehrfach, wenn diese Trennung tiefer herab, oder bis zum Grunde der Fruchtblätter fort dauert.

(Ueber die Entwicklungsgeschichte der Samenknope wird bei der Entstehung des Embryo ausführlicher geredet.)



Die Benennung des Verwachsens für vereinigte Blüthentheile, z. B. für die nicht getrennten Blumenblätter der Gamopetalen umschließt vielfach einen unrichtigen Begriff; die anfänglich als getrennte Theile hervortretenden Spitzen der Blumen- oder Kelchblätter verwachsen nicht späterhin am Grunde mit einander, es unterbleibt vielmehr im Verlauf ihrer an der Basis fortschreitenden Entwicklung nur späterhin die Trennung; man sollte deshalb von nicht getrennten Blumenblättern reden (S. 229). Eine wirkliche Verwachsung erfolgt dagegen bei dem Narbenkörper der Apocynen und Asclepiadeen,

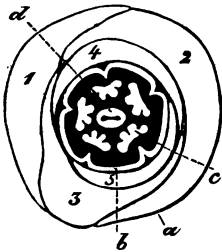
Fig. 106. *A* Längsdurchschnitt durch einen sehr jungen Fruchtknoten der Salvei (*Salvia nivea*); *d* die Wand der Fruchtknotenhöhle; *f* die Narbe; *gem.* die Samenknope; *h* der Staubweg; *sp.* der Knospenträger. *B* Querdurchschnitt der Fruchtknotenhöhle; die Bezeichnung wie oben (Vergrößerung 40 mal).



wo die beiden vollständig getrennten Narben eines jeden Fruchtknotens erst später mit einander zu einem Ganzen verwachsen. (Man vergleiche die Entwicklungsgeschichte von *Asclepias syriaca* in der zweiten Auflage dieses Buches.) Auch bei *Anona* verwachsen die zahlreichen, einsamigen Fruchtknoten später zu einer vielsamigen Frucht.

Aus Quer- und Längsschnitten durch die schon mehr entwickelten Knospen wird man auch über die Knospenlage der Blattorgane (Aestivatio) Auskunft erhalten und in ihr nicht selten Beziehungen zur Blattstellung an den vegetativen Theilen

Fig. 107.



(Fig. 107), aber auch häufig ganz andere Zahlenverhältnisse finden (bei *Arceuthobium* stehen zwei Blätter am Zweige sich gegenüber, während in der männlichen Blüthe drei Blätter erscheinen) (S. 206). Die Schnitte dürfen, um ein Auseinanderfallen der Theile zu vermeiden, oftmals nicht zu zart sein, und wird kurz vor der Blüthe kaum noch ein geeignetes Präparat gewonnen

werden. Bei der Antherenentwicklung hat man für die Entwicklungsgeschichte des Blütenstaubes mit sehr jungen Knospen bald nach der Anlage der Staubbeutel zu beginnen, indem die Mutterzellen für die Pollenkörner sich schon sehr frühe von dem Parenchym differenciren und selbst die Bildung der Pollenzellen in ihnen auf die jüngsten Entwicklungsstadien des Staubblattes fällt. Dabei hat man auf ein Gewebe, welches diese Mutterzellen umgiebt und selbige sammt den Pollenkörnern ernährt, mit der Ausbildung der letzteren aber allmählig verschwindet, zu achten. Auch ist die Resorption der Mutterzellen und der primären Wand der Pollenzellen, welche NÄGELI Specialmutterzellen nannte, zu berücksichtigen. Die Malvaceen, Onagrarieen und *Viscum* sind für die Pollenentwicklung sehr geeignet. Bei der Bildung der Frucht aus dem befruchteten Fruchtknoten ist auf die allmählichen morphologischen und anatomischen Veränderungen in den Geweben des letzteren und auf die chemischen Umwandlungen im Inhalt der Zellen zu achten (S. 112 u. S. 221).

Fig. 107. *Convolvulus Batatas*. Querschnitt durch die junge Blütenknospe. a Der Kreis der Kelchblätter, welcher eine Aestivatio quincuncialis besitzt (1—5); b der Kreis der Blumenblätter mit einer Aestivatio plicativa; c der Kreis der Staubblätter; d die Anlage des Fruchtknotens (16 mal vergrößert).

## **L. Methode für die Entwicklungsgeschichte des Pflanzenembryo.**

Wer mit einigem Erfolg diese schwierigste aller anatomisch-physiologischen Untersuchungen ausführen will, muß sich zunächst durch die Entwicklungsgeschichte mit dem Bau des Fruchtknotens, des Staubwegs und der Narbe der von ihm zu untersuchenden Pflanzen und ebenso mit der Entwicklung ihrer Samenknospen genau bekannt machen. Er muß ferner bei einigen Pflanzen den Staubwegcanal der unbestäubten und darauf dasselbe Organ von ihm selbst bestäubter Blüten genau untersuchen, um den Weg der Pollenschläuche und die Veränderungen, welche sie im Staubwegcanal hervorgerufen haben, kennen zu lernen, und muß endlich und zwar in allen Fällen den Zustand der Samenknospe und des Embryosacks zur Blüthezeit, ehe ein Pollenschlauch die letzteren erreichte, recht gründlich studiren, und namentlich auf den Inhalt des Embryosacks aufs genaueste achten, weil es einzig und allein auf diese Weise möglich wird, über die später durch den Pollenschlauch hervorgerufenen Veränderungen ein richtiges Urtheil zu gewinnen.

Um den Verlauf der Pollenschläuche von der Narbe bis in die Fruchtknotenöhle zu verfolgen, bestäubt man sich am besten selbst die Blüten. Man untersucht dann täglich eine oder mehrere derselben, indem man zarte Längsschnitte aus der Mitte des Staubwegs und des Fruchtknotens darstellt und dabei zugleich die Zeit erfährt, welche der Pollen etwa gebraucht, um Schläuche zu treiben und selbige bis in die Fruchtknotenöhle zu schicken. Wem *Limodorum abortivum* zu Gebote steht, der findet in ihr die geeignetste Pflanze, um die Entwicklung der Pollenschläuche aus dem einfachen Pollenkorn zu verfolgen. Man kann sich hierbei leicht und sicher überzeugen, daß kein einziger Pollenschlauch absolut dem anderen gleicht, sondern daß nach der Weise, wie die Ernährung erfolgt, sich auch die Gestalt der Schläuche ändert (die Pollenkörner von *Limodorum* und *Strelitzia* treiben schon im Antherenfach ihre Schläuche und für die Coniferen geschieht dasselbe bisweilen bei *Cupressus*). Die Narbe von *Hoya carnosa* ist dagegen sehr geeignet, das Treiben der Pollenschläuche überhaupt zu befördern; in Zuckerwasser gelingt es ungleich seltener (S. 213). Bei guten Längsschnitten

ist es oft vortheilhaft, die beiderseitigen Wandungen des Staubwegcanals unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel etwas von einander zu entfernen; worauf man häufig ein starkes Bündel Pollenschläuche, mit Zellen des leitenden Zellgewebes untermischt, antreffen wird, und dasselbe unter dem einfachen Mikroskop mit der Nadel bis in die Fruchtknotenöhle verfolgen kann. Bei Pflanzen mit langem dünnen, bald dahinwelkenden Staubweg ist es mir dagegen nur selten gelungen, dem Lauf der Pollenschläuche ohne Unterbrechung zu folgen, was bei Pflanzen mit kurzem fleischigen Staubweg durchaus nicht schwer ist (am günstigsten sind für diese Beobachtung die Orchideen und *Viola tricolor*). Wenn man den Staubweg der vor acht Tagen bestäubten Blüthe einer *Epipactis* auf die angegebene Weise untersucht, so wird man sich über die ungeheure Zahl der Pollenschläuche verwundern und selbige mit Leichtigkeit in starken Bündeln bis zu den Samenknospen begleiten können. Für *Viola* wählt man eben verwelkende Blüthen, und findet hier nicht selten verzweigte Pollenschläuche, welche bei *Fagus silvatica* und bei *Oenothera muricata* häufig vorkommen (S. 214).

Für die Entwicklungsgeschichte der Samenknospe läßt sich kein bestimmtes Verfahren angeben, dasselbe muß sich nach der Zahl und Anordnung der Samenknospen im Fruchtknoten richten, und wird bald der Querschnitt, bald der Längsschnitt bessere Dienste leisten. Man muß das Hervortreten des Knospenkerns aus dem Gewebe des Samenträgers als kegelförmiges zelliges Körperchen, dann das Entstehen der Knospenhüllen als Kreisfalten um selbigen und gleichzeitig die etwaige Krümmung der Samenknospe und das Auftreten und Verhalten des Embryosacks im Knospenkern beachten (Fig. 96. S. 219). Für die Samenknospe ohne Integumente empfehle ich *Hippuris* und *Myriophyllum* (die Samenknospe ist hier anatrop, und zwar mit einem Gefäßbündel im nackten Knospenkern versehen), bei *Thesium* ist der Knospenkern ebenfalls nackt, aber ohne Gefäßbündel und selbst nur wenig entwickelt. Für Samenknospen mit einem Integument verweise ich auf *Juglans*, *Taxus* (orthotrop), *Impatiens*, die *Rhinanthaceen* (anatrop; bei letzteren und den *Labiaten* bildet der Embryosack nach der Befruchtung zellenleere Aussackungen, welche im Parenchym des Integuments liegen). Als Samenknospen mit zwei Integumenten eignen sich *Hydrocharis*, *Polygonum* (orthotrop) (Fig. 95. S. 219), *Viola* (Fig. 96. S. 219),

Oenothera, die Orchideen (anotrop). Passiflora mit einfächerigem Fruchtknoten und drei wandständigen Samenträgern ist für die Entwicklungsgeschichte der anotropen Samenknospe mit zwei Integumenten besonders günstig, und erhält man, vermittelt zarter Querschnitte durch den Fruchtknoten verschiedener Entwicklungszustände, von sehr kleinen Knospen bis zur Blüthe vor ihrem Aufbrechen fortschreitend, sehr leicht alle Uebergänge bis zu dem für die Befruchtung reifen Stadium. Zugleich lassen sich diese Präparate sehr wohl unter Chlorkaliumlösung, mit Vorsicht angewendet, bewahren.

Sehr viele Samenknospen sind zur Blüthezeit so groß, daß sie sich herauslösen und auf den Finger gelegt, durchschneiden lassen, wobei man vor allen Dingen auf die Richtung des Schnittes zu achten hat. Man nimmt mit einem äußerst scharfen hohlgeschliffenen Rasirmesser zuerst die eine Seite der Samenknospe hinweg, wendet sie dann mit Hülfe eines feinen Haarpinsels vorsichtig um und entfernt nun ebenfalls durch einen sicheren, langsam geführten Schnitt die andere Seite, so daß von der ganzen Samenknospe nur die Mittel-lamelle, diese aber unversehrt, zurückbleibt. Man darf das Präparat während des Schneidens nicht trocken werden lassen, und muß deshalb den Finger feucht erhalten. Das Präparat bringt man sogleich ohne Deckglas unters Mikroskop. Oft muß ein dritter und vierter, in ähnlicher Weise geführter Schnitt noch mancherlei verbessern, wobei sehr häufig das Präparat zu Grunde geht, nicht selten aber auch die Entfernung der störenden Theile gelingt, zu welcher man auch die Nadel und das einfache Mikroskop anwenden kann.

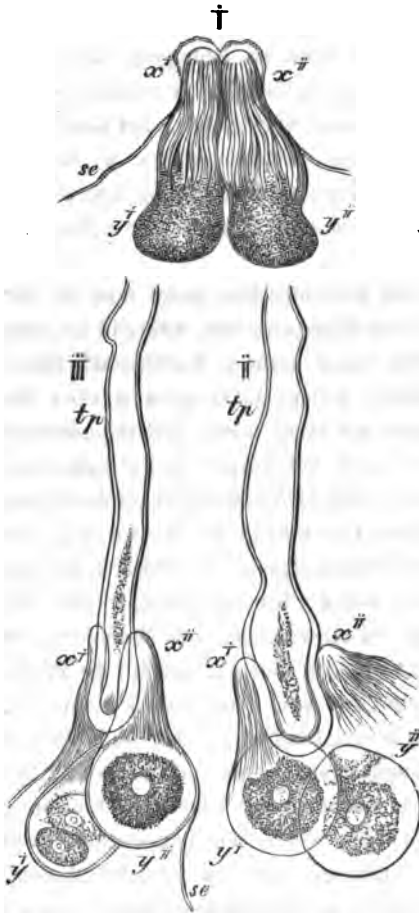
Wenn es möglich ist, wird es wünschenswerth sein, den Embryosack der unbestäubten Blüthe ganz freizulegen. Derselbe erscheint alsdann als einfache Zelle. In den meisten Fällen ist er jedoch so zart, daß ein Freilegen ihn selbst oder zum wenigsten die in ihm entstandenen Zellen zerstören würde, und ist es in diesem Fall besser, sich mit möglichst zarten Längsschnitten zu begnügen und den Inhalt des Embryosacks, insbesondere das Vorkommen oder Fehlen von Zellen in selbigem und deren Lage genau zu studiren. Wo ein Freilegen des Embryosacks nicht gelingen will, oder wo eine Zerlegung der Samenknospe durch das Messer überhaupt nicht ausführbar ist, wird manchmal durch etwas Aetzkalilösung das Präparat soweit erhellt, daß man zum wenigsten die Anordnung und den Bau der Integumente und des Knospenkernes,

desgleichen den Embryosack in seinen Umrissen erkennen kann. Für die Erkennung der feineren Verhältnisse bleibt dagegen das Freilegen der Embryosackspitze unerlässlich. Man darf sich nicht mit einem Präparate, sei es auch noch so gelungen, begnügen, muß vielmehr deren viele und in möglichster Vollkommenheit darstellen und selbige mit einander vergleichen. Bei *Gladiolus*, *Crocus*, *Phormium*, *Zea*, *Cheiranthus*, *Euphrasia* u. s. w. ist die Membran des Embryosackes schon vor der Befruchtung fest genug, um eine Freilegung desselben, zum wenigsten an seiner Spitze, zu gestatten.

Die Keimkörperchen oder Keimbläschen findet man in der Spitze des Embryosackes unter dem Knospenmund, während an dem anderen Ende desselben, also bei einem geraden Embryosack ihnen gegenüberliegend, eine oder mehrere Zellen, die Gegenfüßler der Keimkörperchen, auftreten. Diese mit einer festen Zellstoffmembran versehenen Zellen erhalten sich auch bei vorsichtiger Präparation, dagegen zerfließt die Protoplasma- oder Befruchtungskugel des Keimkörperchens, welche nur von einer Hautschicht des Plasma umgeben ist, sehr leicht in dem Wasser des Objectträgers. Bei Blüten, welche, weil sie nicht bestäubt wurden, schon über die normale Zeit der Befruchtung hinaus sind, oder bei Anwendung von Weingeist, in welchem die frischen Blüten 24 Stunden gelegen, gerinnt die Protoplasmakugel und läßt sich dann mit dem Embryosack, ohne im Wasser zu zerfließen, isoliren (*Crocus*, *Gladiolus*). Auf beide Weisen erkennt man, daß über der Protoplasmakugel eine glänzende streifige Masse, welche nach der blauen Färbung mit Chlorzink-Jodlösung aus Zellstoff besteht, liegt, und daß, wenn, wie gewöhnlich, zwei Keimkörperchen neben einander auftreten, auch zwei solcher Massen, von einander getrennt und jede über ihrer Protoplasmakugel liegend, vorhanden sind. Bei *Gladiolus* und *Crocus*, wo der streifige Bau dieser Zellstoffmasse, die ich Fadenapparat genannt habe, besonders deutlich ist und beim Zergehen der Protoplasmakugel aus einem Büschel feiner Fäden zu bestehen scheint (Taf. I. Fig. 1), erkennt man leicht, daß sie zur Protoplasmakugel gehört und mit ihr gemeinsam das Keimkörperchen bildet, welche Zusammengehörigkeit bei *Phormium tenax* noch deutlicher wird (Taf. I. Fig. 4).

Um die Keimkörperchen unversehrt zu sehen, muß man deshalb dahin trachten, solche Längslamellen aus der Mitte der nicht

Fig. 108.



befruchteten Samenknospe zu erhalten, bei welchen zum wenigsten an der unter dem

Knospemund gelegenen Spitze des Embryosackes alles Störende entfernt ist, und die keiner weiteren Präparation bedürfen, weil während derselben schon eine Zerstörung der Protoplasmakugel eintreten kann. Die letztere erscheint auf dem frischen Schnitt in den ersten Sekunden der Betrachtung als eine kugelige Zelle mit einem centralen Zellkern, der jedoch bisweilen durch körniges Protoplasma verdeckt wird, zerfließt aber unter den Augen des Beobachters in kürzerer oder längerer Zeit ( $\frac{1}{2}$ —5 Minuten), ohne eine gesprengte Membran zurückzulassen. In der Regel ist nur der untere, frei in den Raum des Embryosackes ragende, Theil der Protoplasmakugel deutlich sichtbar, weil der andere in der Embryosack-

Fig. 108. Der Befruchtungsvorgang bei *Gladiolus segetum*. I Die beiden unbefruchteten Keimkörperchen in der Spitze des Embryosackes;  $\alpha$  der Fadenapparat;  $\gamma$  die Protoplasmakugel;  $se$  die Membran des Embryosackes, welche über den glänzenden Spitzen der beiden Fadenapparate in der Resorption begriffen ist. II Ein Pollenschlauch, welcher die beiden Keimkörperchen kürzlich befruchtet hat, mit ihnen freigelegt; die um die Protoplasmakugel der letzteren entstandene Membran ist erst mit einfacher Contour sichtbar. III Ein etwas späterer Zustand; die befruchtete Protoplasmakugel des linken Keimkörperchens  $\gamma'$  hat bereits, durch Theilung ihres Inhalts, zwei Zellen gebildet, wovon die untere zur ersten

spitze steckt und von dem zu ihm gehörigen Fadenapparat verdeckt wird. Es scheint überhaupt, als ob keine Grenze zwischen dem Fadenapparat und der Protoplasmakugel bestände, weshalb ich den ersteren für das Product einer einseitigen Zellstoffabscheidung des Keimkörperchens halte, und die Räume zwischen den scheinbaren Fäden, welche bei *Watsonia* weiter und mit körnigem Protoplasma erfüllt sind, als Porencanäle betrachte. — Ein ganz frischer Längsdurchschnitt der Samenknospe zeigt, wenn der Embryosack selbst ganz unversehrt blieb, auch den Zellkern des letzteren von Protoplasmaströmen umgeben.

Den Fadenapparat erkennt man darauf am besten durch vollständiges Freilegen des Embryosackes, wofür *Gladiolus segetum*, *Crocus* und *Zea Mais* besonders geeignet sind. Man wird hier die abgerundete fettglänzende Spitze desselben mehr oder weniger über die Membran des Embryosackes hervorragend (Fig. 108 und Taf. I. Fig. 1 u. 2), und bei *Watsonia*, wo der Fadenapparat sehr lang und schlauchförmig ist, denselben sogar weit aus dem Knospenmund der Samenknospe hervortreten sehen.

Bei *Phormium tenax* liegt der Fadenapparat als kleiner glänzender Fadenkranz noch auf der befruchteten Protoplasmakugel und ist mit der Membran derselben organisch verbunden (Taf. I. Fig. 4). Da er bei vielen Pflanzen von sehr weicher Natur ist und meistens bald nach der Befruchtung allmählig verschwindet, so ist es manchmal schwer ihn nachzuweisen, und ist sein Dasein, aufser für die genannten Pflanzen, noch weiter bei *Santalum album* durch HENFREY, der ihn ein *Coagulum* nannte<sup>1)</sup>, bei *Sarcophyte sanguinea* und *Iris* von HOFMEISTER<sup>2)</sup>, bei *Scilla sibirica* und *Stachys arenaria* von

Zelle der Keimanlage, die obere aber zum kurzen Embryoträger wird. Die Membran der Protoplasmakugeln zeigt jetzt eine doppelte Contour. Das geschlossene Ende des Pollenschlauches von II u. III ist gallertartig aufgequollen (400mal vergrößert).

<sup>1)</sup> Nach in Weingeist bewahrten Blüthen untersucht.

<sup>2)</sup> HOFMEISTER hielt den Fadenapparat von *Crocus* zuerst für eine Zellstoffabscheidung an der äußeren Seite des Embryosackes, jetzt aber soll derselbe eine Cuticularbildung des letzteren sein. Beide Annahmen sind gleich unrichtig, wie jede sorgfältige Untersuchung für *Crocus*, *Gladiolus* und *Zea* beweist, wo jeder Fadenapparat als eine besondere seiner Protoplasmakugel angehörige Bildung auftritt. Der Fadenapparat von *Watsonia* wird dagegen auch von HOFMEISTER

SCHENK<sup>3)</sup> und bei *Yucca gloriosa*, *Sechium edule*, *Campanula medium*, *Euphrasia Odontites* und *Torenia asiatica* von mir constatirt, auch hat in neuester Zeit LETZERICH für *Agrimonia Eupatoria* seine Anwesenheit sichergestellt (Bot. Ztg. 1862). Es bleibt jetzt zu beweisen 1. ob der Fadenapparat überall auftritt<sup>4)</sup>, 2. in welchen Modificationen er erscheint und 3. welche Bedeutung ihm sowohl hinsichtlich seiner eigenen Entstehung, als in Bezug auf den Befruchtungsvorgang zukommt.

Hat man sich über den noch unbefruchteten Embryosack und die in ihm vorhandenen Keimkörperchen, deren in der Regel zwei dicht neben einander und, wenn die Spitze des Keimsackes nicht zu eng ist, auch auf gleicher Höhe neben einander liegen (*Gladiolus*, *Crocus*, *Yucca*, *Zea*, *Watsonia*, *Torenia*), aufs genaueste unterrichtet, auch den körnigen Inhalt durch Reagentien geprüft und die Gegenfüßler der Keimkörperchen nach ihrer Zahl, Anordnung und Beschaffenheit gewürdigt, so wendet man sich zur eben befruchteten Samenknospe und beginnt hier nach derselben Methode die Untersuchung.

Am besten bestäubt man, wie schon erwähnt, die Blüten selbst durch Uebertragung ihres Blütenstaubes mittelst eines trockenen Pinsels auf die Narbe und hat dabei Gelegenheit, die Zeit, welche der Pollenschlauch auf seiner Wanderung durch den Staubwegcanal bis zum Knospenmund der Samenknospe bedarf, und welche nach

---

als Verlängerung des Keimbläschens über den Embryosack hinaus bestätigt und für *Ixia* durch ein neues Beispiel vermehrt. Die Zellstoffstreifen in dessen Innern vergeicht er dagegen sehr unpassend mit dem aus Protoplasmaströmen entstandenen Zellstoffnetz in der vorderen Aussackung des Embryosackes von *Pedicularis silvatica* (S. 104). Es ist vielleicht nicht uninteressant, HOFMEISTER's verschiedene Aussagen über den Fadenapparat mit einander zu vergleichen, wofür ich die betreffenden Schriften citiren will. (*Bonplandia* 1856. PRINGSHEIM's Jahrbücher I. S. 165. HOFMEISTER, Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen I. S. 582, und Neue Beiträge II. S. 675 und S. 678.) Das Hervorragen der fettglänzenden Spitze des Fadenapparates über die Membran des Embryosackes bei *Crocus*, *Gladiolus* und *Zea*, desgleichen das oftmals bedeutende Hervortreten des Embryoträgers über diese Membran, ferner das zur Befruchtung nothwendige Zusammentreffen des Pollenschlauches mit dem Fadenapparat, von HOFMEISTER bestritten (Neue Beiträge II.), wird jeder bestätigen müssen, der sich die Mühe nimmt, meine Untersuchungen zu wiederholen.

<sup>3)</sup> SCHENK theilt meine Ansicht über denselben.

<sup>4)</sup> Bei *Canna*, wo der Pollenschlauch selbst in den Embryosack dringt, und bei *Citrus*, wo zahlreiche Keimkörperchen vorkommen, scheint er zu fehlen.



den Pflanzen sehr verschieden, auch von der Länge des Weges ganz unabhängig ist, kennen zu lernen. Wenn man zu gleicher Zeit mehrere Blüten bestäubt und mit einem Bändchen bezeichnet, so läßt sich bei täglicher Untersuchung einer Blüthe der richtige Zeitpunkt sowohl des Pollenschlaucheintrittes in den Knospenmund, als auch nur wenig später der Befruchtung kaum verfehlen, und hat man, wo es sich um eine vollständige Beobachtung handelt, die täglichen Fortschritte noch längere Zeit zu verfolgen.

Den Eintritt des Pollenschlauches in die Samenknospe beobachtet man sehr leicht und ohne alle Präparation bei den Orchideenblüthen, die man entweder selbst bestäubt hat, oder deren befruchteten Zustand man aus dem angeschwollenen Fruchtknoten erkennt. Wenn reichlich Pollenschläuche hinunter gestiegen, findet man im Knospenmund der meisten Samenknospen einen oder mehrere derselben und genügt das Hervorheben der letzteren mit einer Nadel aus dem geöffneten Fruchtknoten. Bei *Veronica serpyllifolia* und bei *Torenia asiatica* ist es ebenfalls leicht und bedarf keiner weiteren Präparation. Bei den größeren Samenknospen, für welche zur genauen Beobachtung dieses Vorganges eine Durchschneidung nothwendig ist, findet man seltener den Eintritt des Pollenschlauches, weil durch das Messer der letztere gar leicht hinweggenommen wird. Wenn man dagegen, wie oben angegeben, zarte Längsschnitte durch die Samenknospe darstellt und die Protoplasmakugel beider Keimkörperchen von einer festen, der Einwirkung des Wassers widerstehenden Membran umgrenzt findet, so wird man nach sorgfältiger Entfernung der Integumente mittelst der Nadel unter dem Simplex auch den Pollenschlauch im Knospenmund niemals vermissen und ihn, wenn darauf der Embryosack selbst isolirt wird, mit der Spitze des Fadenapparates in inniger Verbindung finden. Die letztere ist so fest, daß in den meisten Fällen keine unversehrte Trennung beider Theile möglich wird (nur bei *Phormium* gelang mir eine solche); auch findet man die Wand des Pollenschlauches entweder für eine längere Strecke oder nur an den Berührungsstellen mit den Fadenapparaten (*Gladiolus*, *Crocus*) erweicht (aufgequollen) und seines körnigen Inhaltes mehr oder weniger beraubt. Die Protoplasmakugeln unter dem Fadenapparat der beiden Keimkörperchen sind jetzt von einer anfänglich sehr zarten Membran, die bald an Dicke zunimmt, umgeben und werden durch selbige vom Fadenapparate schon mehr oder

weniger abgegrenzt (Fig. 108 II. S. 240). Die Gegenwart der Membran um die Protoplasmakugel erkennt man leicht durch das Gerinnen des Zellinhaltes, der sich im Wasser von derselben zurückzieht, und zeigt sich in der Stärke der Membran beider Protoplasmakugeln meistens ein bemerkbarer Unterschied, was auf eine relativ ungleiche Befruchtung schließen läßt. Bald darauf verlängert sich die eine der beiden Protoplasmakugeln und gleitet dabei, wahrscheinlich durch eine allmähliche Erweichung ihres Fadenapparates, um ein Geringes tiefer in den Embryosack hinab, ihr Inhalt theilt sich zugleich in wagrechter Richtung, zwei Tochterzellen bildend (Fig. 108 III. S. 240), deren obere zum Träger des Keimes, die untere dagegen zur ersten Mutterzelle für den letzteren selbst wird<sup>1)</sup>. — Der hier für *Crocus* und *Gladiolus* geschilderte Vorgang, welcher auch bei *Phormium*, *Zea* und *Watsonia* im Allgemeinen derselbe bleibt, läßt sich nur mit großer Ausdauer und durch Uebung erlangte Geschicklichkeit im Präpariren verfolgen, ist dann aber in seinen einzelnen Momenten überzeugend. Man erkennt aufs bestimmteste, daß der Pollenschlauch nicht in den Embryosack dringt und daß er mittelst des Fadenapparates der beiden dicht neben einander liegenden Keimkörperchen mit letzteren in directe Berührung tritt, worauf, nachdem sein körniger Inhalt ganz oder zum größten Theil verschwunden ist, als erstes Zeichen der Befruchtung eine feste Membran um die Befruchtungskugeln entsteht. Im Pollenschlauche selbst findet man auch um die Zeit, wo selbiger in den Knospenmund getreten ist und seinen Inhalt noch nicht abgegeben hat, bei vorsichtigem Oeffnen des Pollenschlauchendes mittelst der Nadel, keine Spermatozoiden. Desgleichen erscheint das Pollenschlauchende, welches den Fadenapparat berührte, nach der Befruchtung nicht durchlöchert. Aber dennoch vermthe ich, daß der Uebergang des körnigen Inhaltes (der Fovilla) des Pollenschlauches zur Protoplasmakugel ein unmittelbarer ist, und durch die gallertartig erweichte Membran des Pollenschlauches sowie durch Capillarattraction innerhalb der zahlreichen und feinen, wahrschein-

<sup>1)</sup> HOFMEISTER behauptet zwar (Neue Beiträge II.), daß überall ein oberes und ein unteres Keimbläschen vorkäme, und daß ausnahmslos nur das letztere befruchtet würde; allein im Allgemeinen ist dies nicht richtig, gerade bei *Crocus*, *Gladiolus* und *Zea* liegen die Keimbläschen ursprünglich in gleicher Höhe, später aber ist das sich zum Keim ausbildende weiter von seinem Fadenapparat entfernt, also tiefer herabgesunken.

lich offenen, Porencanäle des Fadenapparates stattfindet, wogegen HOFMEISTER eine Befruchtung auf endosmotischem Wege für wahrscheinlicher hält. Beide Ansichten lassen sich bis jetzt direct nicht beweisen.

Bei *Canna* dringt der Pollenschlauch in den Embryosack und erscheint, aber nur soweit er sich in selbigem befindet, gallertartig aufgequollen. Derselbe verbindet sich, jedoch, wie es scheint, ohne Fadenapparat, mit dem durch ihn befruchteten Keimkörperchen so innig, daß selbiges an ihm hängend dargestellt werden kann und einer vom Pollenschlauch abgeschnürten Tochterzelle oft täuschend ähnlich sieht. Bei den Personaten, Labiaten, Campanulaceen, Cruciferen und Halorageen wächst eine der beiden Protoplasmakugeln nach der Befruchtung im Innern des Embryosackes zu einem Schlauche aus, welcher dem außerhalb des Embryosackes befindlichen Pollenschlauche sehr ähnlich sieht, und bis zur Mitte, ja in manchen Fällen bis über die Mitte des Keimsackes vordringt und dann erst eine Theilung eingeht. Der Träger oder Aufhängefaden des Embryo ist hier lang und schlauchförmig, und hat sich das Hervorwachsen desselben über die Membran des Embryosackes hinaus, das manchmal nicht unbedeutend ist, früher bestimmt, diesen schlauchförmigen Embryoträger für den Pollenschlauch selbst zu halten. Ich besitze noch jetzt mehrere vortrefflich conservirte Präparate von *Pedicularis silvatica* und *Lathraea squamaria*, bei welchen der schlauchförmige Embryoträger  $\frac{16-24}{100}$  Millim. lang über die Membran des Embryosackes hervorragte und ein unzweifelhaftes Loch in dieser Membran vorhanden ist. Da nun der Fadenapparat (bei *Crocus*, *Gladiolus*, *Zea*, *Torenia*) mit seiner Spitze frei über die Membran des Embryosackes hervorsieht, also durch Resorption dieselbe durchbohrt hat, so muß bei einer Verlängerung der befruchteten Protoplasmakugel nach aufwärts auch der Embryoträger aus dem Embryosack mehr oder weniger hervorwachsen; wie dies bei *Zea* (Taf. I. Fig. 2), *Pedicularis*, *Lathraea* und *Stachys* leicht zu beobachten ist. — Bei *Pedicularis* und *Lathraea* ist es sehr schwer, den Embryosack vor der Befruchtung freizulegen, bei *Euphrasia Odontites*, welche RADLKOFER dafür empfohlen, gelingt es bisweilen, aber mehr durch Zufall als durch Geschicklichkeit, wogegen spätere Zustände gar nicht schwer zu isoliren sind. (Bei einigen Cruciferen [*Capsella*, *Cheiranthus Cheiri*] findet man nicht selten mehrere Embryosäcke in einer Samenknospe.) Gelingt es, noch

nicht befruchtete Embryosäcke dieser Pflanzen freizulegen, so sind die beiden Keimbläschen meistens während der Präparation zu Grunde gegangen und sieht man nur die beiden Ansatzstellen derselben, welche ich für Löcher halte, in der Spitze des Embryosackes.

Wo sich beide Keimkörperchen ausbilden, entstehen zwei Keime in einem Embryosack, was selten vorzukommen scheint. Bei Citrus bilden sich nach einander zuerst in der Spitze und von dieser abwärts nach den Seiten des Embryosackes zahlreiche Keimbläschen ohne Fadenapparat (?), welche durch kleine unbewegliche, länglich runde Körperchen, die aus dem Pollenschlauch über die äußere Seite des Embryosackes, wie es scheint, in einer Schleimschicht hinabgleiten, befruchtet und zu jungen an der Membran des Embryosackes haftenden Keimen werden, deren Zahl oft funfzig übersteigt. Aber dennoch werden nur selten mehr als zwei dieser Embryonen vollständig ausgebildet. Bei den Citrus-Arten erfolgt die Befruchtung erst spät, wenn die junge Frucht bereits die Größe einer Flintenkugel erreicht hat; die Untersuchung ist mühsam und schwierig<sup>1)</sup>.

Wenn die Befruchtung vollzogen und die Mutterzelle des Embryo angelegt ist, erfolgt im Embryosack der meisten Pflanzen eine Zellenbildung zur Erzeugung des Sameneiweißes oder Endosperms und zwar geschieht dieselbe durch successive Theilung des Inhaltes erst in zwei wagrechte Hälften, die sich ihrerseits wieder wagrecht und dann später abwechselnd senkrecht und wagrecht theilen (bei den Personaten, Labiaten, Monotropeen, *Viscum* u. s. w.), oder durch freie Zellenbildung im inneren Umkreis des Embryosackes. Die so entstandenen ersten Mutterzellen des Sameneiweißes theilen sich dann in beiden Fällen ihrerseits und bilden, indem sie sich gleichzeitig vergrößern und wieder und wieder theilen, bald ein dichtes Gewebe, welches die junge Keimanlage umgiebt. Nur bei *Canna* und *Tropaeolum* bildet sich kein Endosperm und bei *Cheiranthus* entsteht nur eine Zellschicht im inneren Umkreis des Embryosackes. Das obere und untere Ende des Embryosackes bleibt bei den Personaten, Labiaten u. s. w. ohne Endosperm und die Aussackungen, welche diese Theile nach der Befruchtung bilden, füllen sich gleichfalls nicht mit Zellen. Der untere zellenleere Raum entsteht erst später durch das Verschwinden der Gegenfüßler.

<sup>1)</sup> PRINGSHEIM'S Jahrbücher I. S. 209—216.

Während sich die Keimanlage ausbildet, wächst auch das Gewebe im Innern des Embryosackes, wird aber von ersterer später wieder ganz oder nur theilweise aufgelöst, ihr zur Nahrung dienend und unterscheiden wir danach im reifen Zustande eiweißlose und eiweißhaltige Samen. Die Keimanlage selbst, welche am kurzen oder am langen schlauchförmigen Embryoträger hängt, der dieselbe mit der Membran des Embryosackes verbindet, gleicht zuerst einer aus kleinen Zellen bestehenden Kugel, aus deren freiem Ende bald darauf die ersten Blätter der Keimanlage (Samenlappen) als warzenförmige Erhebungen hervortreten, während sich an der entgegengesetzten, mit dem Träger verbundenen Seite das Wurzelende des Keimes differencirt, und für die Dicotyledonen mit der Bildung der Wurzelhaube über dem Vegetationskegel dieses Wurzelendes abschließt, während sich in der Achse des Keimes selbst durch den Cambiumring Mark und Rinde differenciren. Der kugelige Keim der Orobanchen, Orchideen, der *Monotropa*, *Hydnora* u. s. w. ist gewissermaßen ein auf niederer Entwickelungsstufe verbliebener Zustand. — Das Wurzelende des Keimes ist ausnahmslos dem Knospenmunde der Samenknospe zugewendet und selbst bei *Citrus* und denjenigen Samen mit mehreren Keimen immer nach der Peripherie gerichtet, weshalb man aus der Form der Samenknospe zur Blüthezeit auch die Lage des Embryo im reifen Samen bestimmen kann (S. 224).

Wenden wir uns zum Schluß noch zu den Nadelhölzern, deren Befruchtungsact nur scheinbar so verwickelt ist. Im Wesentlichen unterscheidet sich derselbe von dem Vorgang bei den übrigen Phanerogamen 1. durch die Bildung des Pollenschlauches aus einer Tochterzelle des Pollenkornes (S. 213) und 2. durch das Auftreten des Endosperms lange vor der Befruchtung, mit Bildung großer Zellen in letzterem, in welchen dieser Vorgang stattfindet. Bei den Nadelhölzern und ebenso bei den Cycadeen, die beide keinen Fruchtknoten besitzen, kann man deshalb in doppelter Weise von einer indirecten Betheiligung des Pollenkornes und Embryosackes reden, während bei allen übrigen Phanerogamen diese Betheiligung am Befruchtungsacte eine directe zu nennen ist.

Die weibliche Blüthe der Nadelhölzer ist sehr einfach und besteht bei den Abietineen aus einem Zapfen, welcher an einer centralen Achse Blätter trägt, in deren Achsel Knospen entstanden sind, welche sich als offene Samenschuppen ausgebildet haben und am

Grunde ihrer inneren Seite zwei Samenknospen tragen, deren Knospemund nach abwärts gerichtet ist. Die Entwicklungsgeschichte dieser Samenknospen muß man am ganz jungen eben aus seinen Knospenhüllen hervorbrechenden Zapfen studiren. Der Zapfen der Araucarien besteht aus der Achse und ihren Blättern, welche selbst eine einzige Samenknospe entwickeln, aber zum größeren Theile steril bleiben. Bei den Cupressineen besteht der Zapfen abermals aus einer Achse und deren Blättern; es stehen hier die geradläufigen Samenknospen in der Achsel der letzteren. Bei den Taxineen endlich erscheinen die Samenknospen auf besonderen Zweigen als Endknospen oder Achselknospen.

Die Gattungen *Pinus* und *Juniperus* haben eine zwei- oder gar dreijährige Samenreife, d. h. ihre Samenknospen werden im Frühjahr mit dem Zapfen entwickelt und in demselben Frühjahr bestäubt, schreiten dann aber in ihrer Ausbildung nicht weiter. Im darauf folgenden Frühjahr bildet sich im Embryosack (bei der Kiefer), der bis dahin als größere im Centrum des Knospenkernes gelegene Zelle ebenfalls ruhend verblieb, das Endosperm mit den im oberen Theil desselben gelegenen Corpusculis; gegen die Mitte dieses zweiten Sommers (Juni) erfolgt dann die Befruchtung und im Herbste desselben Jahres (bei *Pinus Pinea* und *Juniperus* gar erst im Herbst des darauf folgenden Jahres) ist der Keim ausgebildet und somit der Same gereift. *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Thuja*, *Taxus*, *Salisburia* und *Araucaria* dagegen haben eine einjährige Samenreife.

Diese biologischen Verschiedenheiten müssen natürlich bei der Untersuchung berücksichtigt werden, auch ist zu bemerken, daß selbst bei den Nadelhölzern mit einjähriger Samenreife Bestäubung und Befruchtung der Zeit nach weit aus einander fallen, was freilich auch für einige angiosperme Phanerogamen Geltung hat, deren männliche Blüten ausstäuben, noch ehe die weiblichen zur Befruchtung fähig sind und kaum eine Fruchtknotenöhle, geschweige denn Samenknospen besitzen (*Corylus*, *Alnus*, *Betula*). Hier bleiben die Pollenschläuche längere Zeit im leitenden Gewebe des Staubwegcanals und bei den Nadelhölzern verweilen sie im Gewebe des Knospenkernes, den sie, seitliche Ausbuchtungen und häufig bedeutende Anschwellungen bildend (*Taxus*), durchziehen. Bei *Thuja* und *Juniperus* sieht man auf Längsschnitten durch die Samenknospe die Pollenschläuche oftmals über das Gewebe des Knospenkernes hervortreten und kann

sie mit Leichtigkeit abwärts bis zum Embryosack verfolgen; bei *Taxus* liegen sie, großen Blasen ähnlich, über demselben.

Die Bildung der ersten Mutterzellen des Endosperms erfolgt bei den Nadelhölzern durch freie Zellenbildung an der Peripherie des Embryosackes und wachsen in der Spitze des letzteren einige dieser Zellen, ohne ihrerseits Tochterzellen zu bilden, mit den anderen, welche durch wiederholte Theilung das Endosperm erzeugen, weiter. Diese größeren Zellen aber, die sich nicht weiter getheilt haben, sind die *Corpuscula*, welche R. BROWN entdeckt und so benannt hat. Dieselben liegen entweder beisammen (*Cupressineae*) oder einzeln und durch die Zellen des Endosperms von einander getrennt (*Taxus*), oder ebenfalls einzeln, aber von einer einfachen Schicht kleinerer Zellen epitheliumartig umkleidet (*Abietineae* und *Araucaria*). Die Spitze der *Corpuscula* liegt in allen Fällen unbedeckt unter dem Knospenkern und führt, wenn die *Corpuscula* einzeln liegen, ein, durch das Ueberwachsen des Endosperms entstandenen Canal auf jedes derselben. In der Spitze der *Corpuscula* aber bildet sich vor der Befruchtung zuerst eine wagrechte Scheidewand und theilt sich die so entstandene kleine Tochterzelle darauf zweimal in senkrechter Richtung, wodurch vier kleine neben einander liegende Zellen entstehen, welche mit körnigem Protoplasma angefüllt sind und einen sehr deutlichen und hellen Zellkern besitzen. Als Deckelrosette sind selbige von HOFMEISTER zuerst beobachtet worden und ist es mir bei *Abies pectinata*, *Pinus Pinea* und *Pinus Pinaster* gelungen, deren Entwicklungsgeschichte zu verfolgen. Ich halte dieselben, als Tochterzellen des *Corpusculum*, für die eigentlichen Keimbläschen der Nadelhölzer und habe sie früher als Schlussezellen bezeichnet. In den *Corpusculis* selbst findet man außer einem centralen Zellkern, der übrigens häufig verdeckt ist, entweder vereinzelt große (*Thuja*, *Juniperus*) oder zahlreiche kleine *Vacuolen* (*Pinus*, *Abies*) und ein körniges, ziemlich dickflüssiges, Protoplasma.

Durch Längsschnitte aus der Mitte der Samenknope in verschiedenen Stadien verfolgt man die beschriebenen Vorgänge und orientirt sich durch Querschnitte aus der Spitze des Endosperms über die Zahl der vorhandenen *Corpuscula*, welche nach den Arten sehr verschieden und auch bei den *Corpusculis* derselben Samenknope ungleich ist. Diese Längsschnitte dürfen, wenn man den Inhalt des *Corpusculum* studiren will, bei den *Abietineen* nicht zu

zart sein; um die Zellen der Deckelrosette hinreichend kennen zu lernen, müssen sie dagegen bei *Pinus* das Corpusculum genau halbieren. Bei den *Cupressineen* muß man noch die einzelnen Corpuscula von einander mit Hilfe der Nadel isolieren.

Der Eintritt des Pollenschlauches in das Corpusculum geschieht bei unseren Nadelhölzern kaum vor dem Juni, in der Regel erst in der Mitte dieses Monats, und darf man in dieser Zeit nicht müßig sein, weil die wesentlichsten Momente der Befruchtung sehr schnell vorübergehen und deshalb auch noch lückenhaft bekannt sind. Namentlich wird das Verhalten der Deckelrosette zum Pollenschlauch Beachtung verdienen. Für die *Cupressineen* ist es nun bekannt, daß ehe sich im Corpusculum eine Keimanlage zeigt, die Wände der Deckelrosette, über welcher der Pollenschlauch liegt, resorbiert werden, so daß die ganze Rosette bei leisester Berührung zergeht; bei den *Abietineen* bleiben dagegen die Wände dieser Zellen, allein ihr Inhalt schwindet, während sich der Pollenschlauch zwischen die Deckelrosette drängt und sie als leere Zellen zusammensinken läßt. An diesem Pollenschlauche aber, der bei den *Pinus*-Arten nur mit seiner Spitze in das Corpusculum eindringt, hängt jetzt eine körnige, meistens kugelige Protoplasma-Masse, die anfänglich keine feste Membran besitzt. Diese nun gelangt bald darauf, auf noch nicht hinreichend erklärte Weise, an das gegenüberliegende Ende des Corpusculum, erhält dort eine Membran und theilt sich alsdann in sehr regelmäßiger Weise wiederholt und bildet so allmählig einen aus 16 Zellen in vier wagrecht über einander liegenden Schichten bestehenden Körper, dessen obere Schicht bald resorbiert wird, während die zweite, deren Zellen mit körnigem Protoplasma und hellem Zellkern versehen sind, unverändert bleibt und die untere Rosette der Nadelhölzer darstellt, die dritte dagegen ihre Zellen zu langen Schläuchen mit wasserhellem Inhalt verlängert und die letzte Schicht endlich, mit Zellen, die körniges Protoplasma und deutliche Zellkerne enthalten, zur Keimanlage wird, welche durch das Auswachsen der Schläuche das Corpusculum verläßt und in die Mitte des Sameneiweißes, dessen Gewebe um diese Zeit sehr aufgelockert ist, geführt wird, um dort zum Keime heranzuwachsen (Fig. 109 und 110). Die Schläuche (Embryonalschläuche) stehen durch die untere Rosette mit dem Corpusculum, das bald vertrocknet, in Verbindung. Bei *Pinus silvestris* kann man mit einiger Geduld



und in der richtigen Zeit, die aus Protoplasma bestehende, meistens noch membranlose Befruchtungskugel, welche anfänglich am Pollen-

Fig. 110.

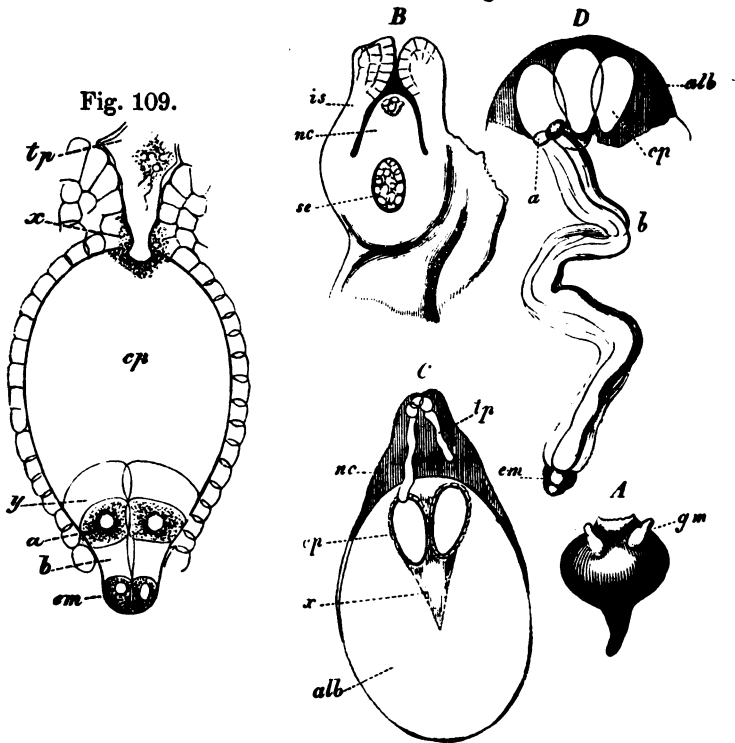


Fig. 109. Ein kürzlich befruchtetes Corpusculum von *Pinus silvestris* im Längsschnitt. *cp* Das Corpusculum; *tp* der durch die hier fast unkenntlich gewordenen Schluszzellen (*x*) bis ins Corpusculum gelangte Pollenschlauch; *y* die obere Zellschicht der Keimanlage; *a* die zweite Schicht, welche die sogenannte untere Rosette bildet; *b* die dritte Schicht, aus der die Embryonalschläuche hervorgehen; *em* die vierte Schicht, welche den Embryo bildet (100mal vergrößert).

Fig. 110. Der Befruchtungsact bei *Pinus silvestris*. *A* Eine junge Samenschuppe, bald nach ihrem Entstehen vom weiblichen Blütenstand gelöst, die beiden Samenknospen (*gm*) sind bereits angelegt (Vergrößerung 10mal). *B* Längsschnitt durch eine Samenknospe, die schon bestäubt ist; auf der Spitze ihres Knospenkerns (*nc*) liegen Pollenkörner; *is* die einfache Knospenhülle; *se* der Embryosack, in welchem bereits eine Zellenbildung stattgefunden (Vergrößerung 35mal). Bis zum kommenden Frühjahr bleibt die Samenknospe ziemlich unverändert; jetzt ent-

schlauch hängt, auf ihrer Wanderung an das entgegengesetzte Ende des Corpusculum, also zuerst im oberen, dann im mittleren und zuletzt im unteren Theile antreffen und gelingt dasselbe bei Thuja und Juniperus, wo sie jedoch immer aus vier Zellen mit hellen Kernen zu bestehen scheint, häufig auch schon weitere Theilungen erlebt hat, immer aber noch sehr zart und vergänglich ist. Seltener findet man auch bei Pinus silvestris und Pinus Pinaster die am Pollenschlauch hängende Befruchtungskugel schon von einer festen Membran umgeben und in vier Zellen getheilt; desgleichen beobachtet man auch in der noch membranlosen Befruchtungskugel, vor dem Antritt ihrer Wanderung, häufig mehrere helle Zellenkerne. Ich vermute deshalb, daß selbige immer aus vier Zellen besteht, die aber anfangs membranlos sind und dem Inhalt der vier Zellen der Deckelrosette entsprechen. Die Entstehung der Deckelrosette aus Tochterzellen des Corpusculum, ihr gänzliches Verschwinden nach der Befruchtung bei den Cupressineen und das Verschwinden ihres Inhaltes nach der Befruchtung bei den Abietineen und endlich das Auftreten der Protoplastmakugel am Pollenschlauch, alles Thatfachen, die unwiderlegbar sind, machen mir die gegebene Deutung des Vorganges wahrscheinlich. HOFMEISTER hält dagegen eine der im Corpusculum vorkommenden Vacuolen für das wahre Keimbläschen, stimmt dagegen jetzt mit mir über das erste Auftreten der Befruchtungskugel am Pollenschlauch überein, während er früher dieselbe am Orte ihrer weiteren Ausbildung entstehen ließ<sup>1)</sup>. — Die aus vier Zellen be-

stehen, mit dem Erwachen der Natur, im Zellengewebe des Keimsackes die Corpuscula. *C* giebt einen Längsschnitt durch den Knospkern der Samenknospe im zweiten Frühjahr (die Knospenhülle ist entfernt) *nc* der Knospkern, in dessen Gewebe Pollenschläuche (*tp*) hinabsteigen und bis zum Corpusculum (*cp*) vordringen; *alb* das Endosperm oder das Zellengewebe im Embryosack; *x* die Partie desselben, welche sich auflockert und in welche später die Embryonalschläuche hinabsteigen. *D* Der obere Theil des Eiweißes (*alb*) einer befruchteten Samenknospe im Längsschnitt (einige Wochen später); *cp* Corpusculum; *a* die Zellen der Rosette, welche im Grunde des Corpusculum bleiben, während die Embryonalschläuche (*b*) die Keimanlage (*em*) in das Innere des Endosperm hinabführen (*C. x*). Dort entwickelt sich denn auch, vom Endosperm ernährt, der Keim der Kiefer weiter (*C* und *D* 100mal vergrößert).

<sup>1)</sup> METTENIUS und A. BRAUN betrachten das Corpusculum selbst als Keimbläschen.

stehende Rosette, welche ich vor Jahren im Pollenschlauch von *Taxus* entstanden glaubte und deren Dasein auch von Hofmeister zugegeben wurde, halte ich jetzt für die mit dem Pollenschlauch innig verbundene Deckelrosette, was an die innige Verbindung des Pollenschlauches mit dem Keimbläschen der übrigen Phanerogamen erinnert. Ebenso habe ich, nach besserer Erfahrung, meine frühere Ansicht über die Bedeutung der am Pollenschlauch von *Pinus* hängenden Befruchtungskugel, welche ich damals für eine Bildung des letzteren hielt, geändert; die Beobachtungen selbst haben sich dagegen als richtig bewährt.

Die Anordnung der aus der befruchteten Befruchtungskugel hervorgegangenen Zellen im Corpusculum ist nach den Gattungen sehr verschieden und nicht überall so regelmäßig als bei den Abietineen. Schon bei den Cupressineen fehlt die untere Rosette; die Embryonalschläuche dagegen sind überall vorhanden, werden aber später resorbirt und sind nur bei den Cycadeen und bei *Larix* noch im reifen Samen als lange vertrocknete Fäden nachweisbar. Bei *Pinus Pumilio* und *Pinus Strobus* trennen sich die vier Embryonalschläuche von einander, indem jeder eine besondere Keimanlage entwickelt. In der Regel werden mehrere Corpuscula befruchtet, aber dennoch wird nur selten mehr als ein Keim vollständig ausgebildet. — In den sehr mächtigen und deshalb leicht zu isolirenden Pollenschläuchen der Nadelhölzer lassen sich um die Zeit der Befruchtung keine Spermatozoiden nachweisen.

Die Untersuchung des Befruchtungsvorganges der Nadelhölzer ist weniger durch die Präparation als durch die Deutung des Beobachteten schwierig. Wer Zeit und Geduld hat, wird die Vorgänge, welche ich hier beschrieben habe, leicht verfolgen können; das ganze Streben neuer Untersuchungen muß aber dahin gerichtet sein, mit Evidenz zu beweisen: 1. was eigentlich die Keimbläschen sind, und 2. wie dieselben nach geschehener Befruchtung an das gegenüberliegende Ende des Corpusculum gelangen. Bei *Pinus*, mit hängendem Zapfen, scheint diese Wanderung schon vermöge der Schwere bewirkt zu werden, indem der Inhalt des Corpusculum von oben nach unten allmählig dünnflüssiger wird, wodurch die sich vom Pollenschlauch lösende Befruchtungskugel allmählig abwärts sinkt. Bei *Abies*, mit aufrechtstehendem Zapfen, aber ist diese Erklärungsweise nicht zulässig und vermute ich, daß der Pollenschlauch selbst, sich weiter

ins Corpusculum verlängernd, die Befruchtungskugel vor sich hinschiebt, was auch für Juniperus und Thuja gelten möchte.

Der Befruchtungsact im ganzen Pflanzenreich basirt sich also auf einer Vermischung des männlichen Stoffes mit dem weiblichen, deren Resultat die erste Mutterzelle der Keimanlage ist. Der weibliche Stoff ist eine unfertige membranlose Zelle, welcher die Fähigkeit sich aus sich weiter zu entwickeln fehlt, der männliche dagegen ist entweder ein Spermatozoid oder der Inhalt einer männlichen Zelle, und die Vermischung geschieht entweder durch unmittelbare Vermengung beider Stoffe mit einander oder auf dem Wege der Endosmose, welcher letztere Punkt jedoch nicht bewiesen ist.

Für die weitere Ausbildung der Embryo-Anlage zum Keime hat man auf das erste Hervortreten der Samenlappen als kleine Erhebungen der anfangs kegelförmigen Embryo-Anlage zu achten. Man hat dann weiter auf die Ausbildung dieser Samenlappen und der Stammspitze (der Plumula) zwischen ihnen, desgleichen auf das Entstehen des Cambiumringes in der Keimachse und auf die Bildung der Wurzelhaube am Radicula-Ende zu sehen, und endlich das Verhalten des Embryo im reifen Samen, die Lage desselben im Eiweiß (Fig. 47. S. 166) und die Veränderungen des Integumentes durch Resorption oder Zellverdickung u. s. w. zu untersuchen und wird für die Samenschale der Coniferen und Cycadeen ganz ähnliche Verhältnisse wiederkehren sehen, als sie die Frucht der übrigen Phanerogamen darbietet, wofür Salisburia und Cycas mit steinbeerenartigen Samen, Taxus mit einem fleischigen, nach der Befruchtung entstandenen Integument (Arillus), Podocarpus mit einem fleischig gewordenen Samenstiel und Pinus mit einer ganz verholzten Samenschale Beispiele geben. Bei dem Sameneiweiß ist die Beschaffenheit der Zellwände, desgleichen der Zelleninhalt durch Reagentien zu prüfen.

Für die Keimung sowohl monocotyledoner als dicotyledoner Gewächse endlich ist zuerst eine genaue Untersuchung des Embryo vor der Keimung, ob schon Gefäßbündel vorhanden sind und wie selbige verlaufen, ob in der Plumula Blätter angelegt sind oder nicht, nothwendig. Man beobachtet dann in kurzen Zwischenräumen das Weiterstreiten des Keimlings und achtet dabei wiederum zunächst auf das Wachsthum der Achse (Stamm und Wurzel), auf die Vertheilung der Gefäßbündel und auf die allmälige Heranbildung des Holzringes aus ihnen. Die Frage, ob die Ausbildung neuer Gefäßbündel vom Stamm

oder von den Blättern ausgeht (S. 145), läßt sich bei der Keimung am leichtesten und sichersten verfolgen. Man hat ferner auf die anatomische Grenze zwischen Stamm und Wurzel, welche sich in der Regel schon äußerlich kundgiebt und bei einigen Pflanzen dicht unterhalb der Samenlappen liegt (*Quercus*, *Juglans*), bei anderen aber erst weiter abwärts auftritt (bei den Nadelhölzern, bei *Fagus* u. s. w.) zu achten. Auch ist die Stellung der jungen Blätter, ob sie derjenigen entspricht, welche die ältere Pflanze zeigt, desgleichen die Gestalt der zuerst entstandenen Blätter, ob sie von den später sich bildenden verschieden ist u. s. w., zu berücksichtigen<sup>1)</sup>. Am besten besorgt man selbst die Aussaat der Samen, deren Keimung man beobachten will, und keimen die meisten Samen schon unter der Glasglocke auf einer feuchten Unterlage von Filz oder Flanell, andere sogar direct im Wasser. Für die weiteren Fortschritte und die Beurtheilung des normalen Entwicklungsganges muß aber auch das normale Medium für die betreffende Pflanze innegehalten werden.

---

<sup>1)</sup> Als Beispiel einer solchen Untersuchung verweise ich auf die Keimungsgeschichte der Wallnufs in meinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse; auch wird mein Lehrbuch II. S. 445 nachzulesen sein.

## V.

### Beispiele für die Entwicklungsgeschichte der Blüthe.

---

Um eine langweilige Erklärung jedes einzelnen Theiles der auf Taf. II. dargestellten Figuren zu ersparen und letztere auf den ersten Blick verständlich zu machen, habe ich die Theile jeder Figur mit den Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Benennungen folgendermaßen bezeichnet:

anth. Anthera.  
br. Bractea.  
gm. Gemmula.  
grm. Germen.  
pet. Petalum.  
sep. Sepalum.  
pl. Placenta.  
stg. Stigma.  
stl. Stylus.

Als Beispiel für die regelmäfsig ausgebildete Blüthe sind für diese dritte Auflage *Ananassa sativa*, desgleichen *Lythrum virgatum* gewählt; als schon in der Anlage unregelmäfsige Blüthe diene *Matthiola maderensis* und als, bei weiterer Ausbildung unregelmäfsig geworden, *Cuphea strigulosa* als Beispiel<sup>1)</sup>.

*Ananassa sativa.*

(Taf. II. Fig. 1—13.)

Der Blütenstand der *Ananas* ist eine aufrechte Aehre, die anstatt mit einer Endblüthe, mit einem Blätterbüschel endigt. Auch

---

<sup>1)</sup> In der ersten Auflage ist die Blütenentwicklung von *Asclepias syriaca*, *Stachys coccinea*, *Salvia nivea* und *Cleome arborea* dargestellt und in der zweiten *Asclepias syriaca* und *Agropyrum giganteum*, nebst *Lolium* und einigen anderen Gräsern besprochen worden.

die untersten Knospen dieser Aehre entwickeln sich häufig als Blättertriebe, während die folgenden als Blüten ausgebildet werden. Die Achse des Blütenstandes ist, soweit derselbe Blüten trägt, angeschwollen und seine Stengelglieder sind verkürzt geblieben, so daß die Blüten in dichter Folge neben einander sitzen. Hinter jedem Deckblatt erscheint eine Blütenknospe und sind die jüngsten Knospen an der Spitze, die ältesten am Grunde des Blütenstandes zu suchen. Um das erste Auftreten der Vegetationskegel der Blüte hinter ihrem Deckblatt und bald darauf das Erscheinen der drei Kelchblätter, denen in kurzer Frist drei Blumenblätter u. s. w. folgen, zu belauschen, bedarf es eines ganz jugendlichen, noch zwischen den schilfförmigen Laubblättern versteckten Blütenstandes, aus welchem in der S. 225 beschriebenen Weise die betreffenden Präparate darzustellen sind. Da nun die Blüte durchaus regelmässig ist und aus fünf dreigliederigen Blattkreisen besteht, deren jeder mit dem vorhergehenden alternirt, so halte ich eine bildliche Darstellung derselben für überflüssig und verweise als ähnliches Beispiel auf Fig. 103 r. S. 230. Dagegen ist die weitere Ausbildung der einzelnen Kreise der Blüte hinreichend interessant. Wir sehen z. B. die Theile der beiden ersten Blattwirtel (Kelch und Blumenkrone), welche bei ihrem ersten Auftreten als kleine Wäzchen unter dem Vegetationskegel der Blüte auf gleicher Höhe zu stehen scheinen, später in einer spiralförmigen Reihenfolge und zwar so, daß der erste Blattkreis einer nach links, der zweite dagegen einer nach rechts aufsteigenden Spirale folgt (Fig. 5 u. 6), was durch das Uebergreifen des einen Blattes über das andere unverkennbar wird und an die gleiche Blattstellung am Stengel der Bromeliaceen und am Halme der Gräser u. s. w. erinnert<sup>1)</sup>. — Die sechs Antheren gehören zweien Blattkreisen, deren erster mit den Blumenblättern in der Stellung alternirt (Fig. 6), während der zweite wieder mit dem ersten Antherenkreise wechselt. Die drei Fruchtblätter endlich alterniren mit dem letzten Kreis der Staubblätter und stehen deshalb vor den drei Antheren des ersten Staubblattkreises. Sie bilden, nur an ihrer Spitze getrennt hervortretend, die drei blattartigen Narben (Fig. 11) und den langen röhrenförmigen Staubweg (Fig. 3), dessen Querschnitt sein Entstehen aus

<sup>1)</sup> Auf der mit dem Zeichenprisma entworfenen Figur erscheint durch Umkehrung des Bildes der erste Blattkreis (1—3) links, der zweite (4—6) rechts aufsteigend, während das Mikroskop ohne Prisma die umgekehrte Stellung zeigt.

drei nicht getrennten Fruchtblättern deutlich verräth und einen verhältnißmäßig weiten Staubwegcanal besitzt (Fig. 8). Die unterständige Fruchtknotenöhle liegt in der Rinde des angeschwollenen Blütenstandes und ist durch keine besondere Fruchtknotenwand von der letzteren getrennt. Sie ist durch drei bis zur Mitte vordringende und sich dort vereinigende wandständige Samenträger dreifächerig geworden und trägt in jedem Fache zwei Reihen anatroper Samenknochen, deren eine Reihe dem einen, die andere dagegen dem anderen Samenträger angehört (Fig. 9), was an das gleiche Vorkommen bei den Musaceen, Irideen, Amaryllideen, Liliaceen u. s. w. erinnert.

In der ausgebildeten Blüthe sind die Kelchblätter fleischig und roth gefärbt gleich der Bractee, aber nur halb so lang als diese (Fig. 2). Die zarten Blumenblätter sind am Grunde gelblich, im oberen Theile dagegen violett oder röthlich gefärbt und ragen zur Blüthezeit über das Deckblatt hervor. Die sechs Antheren, auf langen Filamenten, sind vierfächerig (Fig. 12) und öffnen sich mit zwei Längsspalten nach Innen; die Träger des letzten Staubfadenkreises sind bis zu  $\frac{1}{2}$  ihrer Länge von den Blumenblättern, welche durch eine Anschwellung ihrer Basis gewissermaßen eine Rinne bilden, umfaßt ( $x$ ); die drei anderen dagegen sind frei (Fig. 7). Der lange Staubweg, welcher jedoch niemals über die Blüthe hervorragt, auch seine drei Narben nicht offen entfaltet, setzt sich in die wandständigen Samenträger des unterständigen Fruchtknotens fort, indem die Ränder der drei Fruchtblätter, auf dem Querschnitt durch den Staubweg deutlich markirt (Fig. 8), in der Fruchtknotenöhle als wandständige Samenträger wiederkehren. Nur der obere Theil der letzteren, welcher weit in jedes Fruchtknotenfach hineinragt, trägt die Samenknochen, die nach der Seite ihrer Raphe überwiegend ausgebildet sind (Fig. 10) und wie bei allen Monocotyledonen (einige Amaryllideen ausgenommen) zwei Integumente besitzen. Das Pollenkorn ist eiförmig und mit einer im trockenen Zustande in einer Falte liegenden Austrittsstelle für den Pollenschlauch versehen; seine Exine ist zierlich gefeldert. Die Pollenschläuche entwickeln sich rasch auf der inneren Narbenoberfläche und erfüllen, wenn die Blumenkrone welkt, meistens in reichlicher Menge den Staubwegcanal.

Die Oberhaut der Blätter und der Bracteen, desgleichen der Kelchblätter ist an der Unterseite mit zarten Schuppen besetzt, welche bei den beiden ersten Blätter-Arten auch an der oberen Seite auf-



treten. Um dieselben genauer zu sehen, wähle man die Basis ganz junger Blätter, wo sie vereinzelt auftreten und zuletzt ganz fehlen. Ob Spaltöffnungen vorhanden sind, erscheint mir noch fraglich (?). Im Gewebe der Blätter und des Fruchtstandes (sowohl in der Rinde als im Centrum des letzteren) erscheinen zahlreiche Raphidenbündel, dagegen scheint Stärkmehl zu fehlen (ob auch zu jeder Zeit?). Die rothe Farbe der Blätter, Bracteen und Kelchblätter wird durch den roth gefärbten Saft der unter der Oberhaut liegenden Zellschichten bedingt<sup>1</sup>).

### *Matthiola maderensis.*

(Taf. II. Fig. 14—25.)

Für die ersten Entwicklungsstadien dieser Blüthe muß man die Anfänge junger Blütenstände in der Achsel der Stengelblätter aufsuchen und Querschnitte durch dieselben darstellen (S. 225).

Zuerst findet man bei diesem Verfahren ein rundes kegelförmiges Wärzchen, den Vegetationskegel der Blütenanlage (Fig. 14). Darauf erscheinen zu beiden Seiten desselben, und zwar unter ihm gebildet, zwei junge Blattanlagen, so daß die ganze Blüthe, von oben gesehen, in diesem Zustande ein Oblongum bildet (Fig. 15). Dann treten zwei andere Blätter, die sich mit den beiden ersten kreuzen und viel höher als diese stehen, hervor (Fig. 16). Die vier Kelchblätter der *Matthiola* gehören demnach nicht einem einzigen, sondern zwei zweigliederigen Blattkreisen; zwei Kelchblätter stehen tiefer als die beiden anderen (Fig. 24). Die beiden äußeren, tiefer stehenden, Kelchblätter umfassen alsbald mit ihren Rändern die beiden inneren höher stehenden und es erscheinen darauf vier neue länglich runde Wärzchen, welche so liegen, daß zwei derselben immer die beiden Ränder je eines inneren Kelchblattes berühren, also weder mit selbigem alterniren, noch ihm vorgestellt sind. Wenn man dagegen annimmt, daß je zwei dieser Wärzchen die Stelle eines Blattes einnehmen, so alterniren dieselben mit den beiden vorhergehenden Kelchblättern. Aus diesen vier Blattanlagen entwickeln sich die vier Blumenblätter, welche jedoch für längere Zeit in der Ausbildung hinter den übrigen Blattorganen der Blüthe zurückbleiben

---

<sup>1</sup>) Um Funchal wird die Ananas im Freien felderweise gezogen, sie blüht im Mai und Anfang Juni und ihr Fruchtstand reift vom August bis zum October.

und deshalb auf den Querschnitten durch die nunmehr folgenden Entwicklungsstadien nur dann sichtbar werden, wenn der Schnitt durch die Blütenknospe sehr tief geführt wurde. Nunmehr entstehen, den beiden inneren Kelchblättern vorgestellt, abermals zwei kleine Warzen, aus denen sich die beiden seitlich stehenden Staubblätter mit kurzem Filament heranbilden (Fig. 18). Darauf treten wieder, den vier Blumenblättern vorgestellt, vier neue Würzchen auf, welche schon in der Anlage etwas größer als die beiden zuletzt gebildeten sind und zu den vier Staubfäden mit längeren Filamenten werden (Fig. 19 und 20). — Bis dahin verblieb die Blütenachse selbst als etwas größeres rundliches Würzchen, als Vegetationskegel, im Mittelpunkt der Blütenanlage, während sich unter ihr nach einander die verschiedenen Blattkreise der Blüte bildeten; nun aber entstehen auf ihrem Scheitel selbst zwei sehr kleine wulstförmige Erhebungen, welche den beiden äußeren Kelchblättern vorgestellt sind, sich aber nicht als einzelne freie Blätter, gleich den vorigen hervorschieben, vielmehr sich als eine vom Rücken der beiden Erhebungen zusammengedrückte hohle Röhre erheben und somit den oberständigen Fruchtknoten mit seinen beiden sitzenden Narben bilden (Fig. 19, 20 u. 23). Bei diesem Blattfruchtknoten treten nun die Samenträger, im Gegensatz von der allgemeinen Entwicklungsweise, nicht aus den Rändern der Fruchtblätter, sondern aus der Mitte der letzteren hervor, wodurch übrigens in ähnlicher Weise der ursprünglich einfächerige Fruchtknoten zweifächerig wird. Die Scheidewand besteht aus einem soliden Parenchymgewebe und treten die Samenknospen zu beiden Seiten an derselben hervor, so daß sie in jedem Fache in zwei seitlichen Längsreihen an der Scheidewand stehen. Die Samenknospe selbst ist campylotrop und mit zwei Integumenten versehen.

Die Blüte der *Matthiola* und mit ihr der Cruciferen überhaupt zeigt demnach sehr wesentliche Abweichungen vom Entwicklungsgange der regelmäßigen Blüte. Sie besteht 1. aus einem vierblättrigen Kelch, von zwei mit einander abwechselnden zweigliederigen Blattkreisen gebildet; 2. aus einer vierblättrigen Blumenkrone, welche einem viergliederigen Blattkreise angehört; 3. aus sechs Staubblättern, deren zwei einem zweigliederigen und vier einem viergliederigen Blattkreise entsprechen, und endlich 4. aus zwei Fruchtblättern, deren Stellung den beiden äußeren Kelchblättern gleichkommt und die aus ihrer Mitte heraus die Scheidewand des zweifächerigen

Fruchtknotens bilden. — Es wechseln also in der Cruciferen-Blüthe zweigliederige und viergliederige Blattkreise mit einander und kann man die letzteren nach ihrer Stellung als gedoppelt zweigliederige Wirtel betrachten, wonach man sechs Blattkreise erhält, deren fünf erste mit ihren Elementen unter sich alterniren, während der letzte dem vorhergehenden opponirt ist; der dritte und fünfte Blattkreis sind doppelt, die übrigen einfach<sup>1)</sup>.

Sämmtliche Blüthentheile der *Matthiola maderensis*, mit Ausnahme des Fruchtknotens, fallen späterhin ab. Die beiden inneren Kelchblätter stehen viel höher als die äußeren (Fig. 24), sie sind an der Außenseite behaart und mit gestielten Drüsen bekleidet. Die Blumenblätter haben einen langen gelbgefärbten Stiel (Nagel)<sup>2)</sup> und eine ziemlich tief gespaltene, radförmig ausgebreitete, violettgefärbte Blattfläche, welche in der Knospe gedreht erscheint (Fig. 24 u. 25). Die beiden äußeren Staubfäden besitzen ein kurzes glattes Filament, die vier inneren dagegen zeigen an der äußeren Seite jedes Paares einen hautförmigen, am oberen Rande etwas gezähnten Fortsatz (Fig. 22). Die Staubbeutel dieser Staubblätter sind etwas größer als die der beiden seitlichen, im Uebrigen aber ihnen gleich gebaut. Die Antherenwand besitzt schön ausgebildete Spiralzellen. Die Staubbeutelträger sind haarlos, die Staubbeutel vierfächerig, nach einwärts gewendet und mit zwei Längsspalten aufspringend. Der Blütenstaub ist länglich rund,  $\frac{19-20}{400}$  Millim. lang, mit facettenartig erhabener Außenschicht, aber ohne sichtbare Oeffnungen für den Austritt des Pollenschlauches. Der Fruchtknoten, als Frucht eine vom Rücken zusammengedrückte lange Schote bildend, ist behaart und mit gestielten Drüsen besetzt, welche jedoch zur Blüthezeit meistens noch im Entstehen sind. Die Haare auf dem Stengel, den Blättern und den Kelchblättern sind einfache, aber vielseitig verzweigte Zellen, wie ähnliche Haare auch bei anderen Cruciferen gefunden werden. Das reichliche oder sparsame Vorkommen der gestielten Drüsen variirt nach dem Standort und nach den Exemplaren<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Bei der Blüthe der *Laurus*-Arten zeigt sich gleichfalls ein Abwechseln zwischen einfachen und verdoppelten Blattkreisen (Fig. 81. S. 207).

<sup>2)</sup> Die Oberhaut der äußeren Seite dieses Nagels führt Spaltöffnungen.

<sup>3)</sup> Die *Matthiola maderensis* wächst an den steilsten und unzugänglichsten Felswänden des Meeresgestades, sowohl auf Madeira als auch auf Porto santo, sie blüht vom März bis in den Sommer, ihre Wurzel ist perennirend.

*Lythrum virgatum.*

(Taf. II. Fig. 27—32.)

Um den Vegetationskegel jeder einzelnen Blüthe bilden sich hier zuerst sechs warzenförmige Erhebungen, die Anlagen der sechs Kelchblätter (Fig. 27). Diese neigen sich bald zusammen und es entsteht da, wo sich zwei Kelchblätter seitlich berühren, eine wulstartige Erhebung, die bald mehr und mehr hervortritt und die sechs pfiemenförmigen Vorsprünge bildet, welche der ausgewachsenen Blütenknospe von *Lythrum* eigen sind (Fig. 31). Diese Vorsprünge sind also keine besonderen Blattorgane, sondern Anhängsel des Kelchsaumes. Bald nach der Anlage der Kelchblätter entstehen, mit ihnen alternirend, also den genannten Vorsprüngen vorgestellt, die Anlagen der sechs Blumenblätter, mit denen abwechselnd die sechs Staubblätter des ersten Staubblattkreises bald folgen (Fig. 29). Dann erscheinen, mit letzteren alternirend, abermals sechs kleine warzenförmige Erhebungen um den Vegetationskegel als Anlagen der sechs Staubblätter des zweiten Antherenkreises<sup>1)</sup>, und endlich entsteht auf dem Vegetationskegel selbst die Anlage des oberständigen Fruchtknotens, der, wie es scheint, aus zwei Fruchtblättern hervorgeht, deren einwärts geschlagene Ränder die Scheidewand bilden, während das in der Fruchtknotenhöhle emporwachsende Mittelsäulchen den centralen Samenträger abgiebt, was *Cuphea* zu bestätigen scheint (Fig. 38). Der Kelch ist nur an seiner Spitze in sechs Lämpchen getrennt, er schiebt sich weiter als röhrenförmiges Gebilde empor und trägt an seinem Saume die Blumenblätter eingefügt, welche in der Knospe eine geknitterte Lage haben (Fig. 30). Die zwölf Staubfäden dagegen sind am Grunde derselben Kelchröhre befestigt, und zwar besitzen die Staubblätter des ersten Kreises einen doppelt so langen Träger als diejenigen des zweiten (Fig. 32). Endlich ist der oberständige Fruchtknoten zweifächerig und sind beide Fächer von gleicher Größe, auch ist der mittelständige Samenträger in beiden reichlich mit Samenknospen besetzt (Fig. 33), die anatrop und mit zwei Integumenten versehen sind. Der Blütenstaub hat drei zum Austritt des Pollenschlauches bestimmte Stellen in der Exine, welche beim trockenen Pollenkorn in je einer Längsfalte liegen.

<sup>1)</sup> Die Fig. 36 für *Cuphea strigulosa* entspricht diesem Entwicklungsstadium.

Die Blüthe von *Lythrum* ist also durchaus regelmäfsig; alle der Anlage nach vorhandenen Theile werden bei ihr gleichartig ausgebildet. Sie hat vier sechsgliedrige Blattkreise, nämlich sechs Kelchblätter, sechs Blumenblätter und zwölf Staubblätter. Die Kelchröhre ist nach allen Seiten von gleicher Länge und am besten als röhrenförmiger Discus aufzufassen; durch ihre frühzeitige Erhebung sind die Blumenblätter mit emporgehoben, so dafs ihre sehr verschmälerte Basis am Saume dieser Kelchröhre eingefügt ist, wogegen die später entstandenen Staubfäden nur wenig mit emporgehoben wurden (Fig. 30). (Ueber die Deutung des Fruchtknotens und seines Samenträgers wage ich vorläufig nicht zu entscheiden.)

*Cuphea strigulosa* und *C. platycentra*.

(Taf. II. Fig. 34—51.)

Die ersten Anfänge der Blütenentwicklung entsprechen bei *Cuphea strigulosa* vollkommen der für *Lythrum* gegebenen Darstellung und können die Figuren 27—29 und 34—36 einander gegenseitig ergänzen. Es erscheinen nämlich auch bei *Cuphea* nach einander vier sechsgliedrige Blattkreise, Kelch, Blumenkrone und Staubfäden; dagegen sind die Erhebungen zwischen je zwei Kelchblättern hier weniger als bei *Lythrum* ausgeprägt. Die Kelchröhre erhebt sich bald nachdem der letzte Staubblattkreis angelegt ist und nimmt die Blumenblätter mit in die Höhe (Fig. 35 u. 37). Der Fruchtknoten entsteht, wie bei *Lythrum*, wahrscheinlich aus zwei Fruchtblättern, auch wird der centrale Samenträger durch das Emporwachsen des Mittelsulchens gebildet (Fig. 38). Bei der Ausbildung der Kelchröhre zeigt sich nun bald eine ungleichseitige Entwicklung, indem die eine Seite etwas kürzer als die andere bleibt (Fig. 37 und 38). An der kürzeren Seite werden nun zwei Blumenblätter als kleine später blau gefärbte Blättchen ausgebildet, während die vier übrigen vollständig verkümmern und an der offenen Blüthe nicht mehr kenntlich sind. Ebenso wird von den sechs der Anlage nach vorhandenen Staubfäden des ersten Kreises einer, und zwar der zwischen den beiden Blumenblättern gelegene, nicht ausgebildet, wodurch an dieser Seite eine offene Spalte entsteht (Fig. 40), welche an die ähnliche Spalte in der Antherenröhre derjenigen Papilionaceen erinnert, welche einen freien Staubfaden besitzen, jedoch mit dem Unterschied, dafs hier die Antherenröhre nur an der einen Seite frei, an der anderen

dagegen mit der Kelchröhre vereinigt ist. Die fünf Staubblätter des ersten Kreises besitzen auch hier ein etwas längeres Filament, als die sechs Staubblätter des zweiten Wirtels. Der Fruchtknoten, welcher von der gespaltenen Antherenröhre bedeckt wird, bildet an seiner Basis einen kleinen soliden Auswuchs (Fig. 38, 39 und 43 *x*), er ist zweifächerig, doch sind die Fächer von ungleicher Größe und ist nur das größere mit einem Samenträger versehen, welcher Samenknochen entwickelt, das kleinere Fach dagegen ist steril (Fig. 43 u. 45). Der mittelständige Samenträger bildet eine centrale, nicht bis ans Ende der Fruchtknotenöhle reichende, fleischige Säule (Fig. 38, 43 u. 44). Die Samenknochen sind anatrop, aber sehr schief entwickelt und mit zwei Integumenten versehen (Fig. 44 u. 46). Die Staubbeutel sind vierfächerig (Fig. 47) und der Blütenstaub besitzt, wie bei *Lythrum*, drei zum Austritt des Pollenschlauches bestimmte Stellen in der Exine (Fig. 48).

Bei *Cuphea platycentra* endlich sind die Blumenblätter sämtlich fehlgeschlagen; von den sechs Staubfäden des ersten Kreises mit etwas längerem Filament ist auch hier der eine verkümmert, so daß unsere Blüthe fünf Staubfäden mit längerem und sechs mit kürzerem Filament besitzt, welche sämtlich der Kelchröhre ziemlich hoch eingefügt sind (Fig. 49). Die für *Cuphea strigulosa* erwähnte Trennung der Antherenröhre von der Kelchröhre ist hier kaum bemerkbar. Der Fruchtknoten ist zweifächerig und zwar sind beide Fächer fruchtbar (Fig. 51). Endlich krümmt sich der centrale Samenträger bei der Reife der Samen nach aufwärts und bewirkt dadurch einen Längsriß sowohl in der Fruchtknotenwand, als auch in der Kelchröhre, aus welchem der noch saftige Samenträger mit seinem grüngelblichen Samen frei hervorbricht (Fig. 52). Die Pollenkörner sind wie bei der vorigen *Cuphea* gebaut und mit einer zierlich gestreiften Exine bekleidet (Fig. 50).

Bemerkenswerth ist für die drei hier besprochenen *Lythrarieen* die so wesentlich verschiedene Ausbildungsweise bei ursprünglich gleicher Anlage der einzelnen Theile, von welchen bei *Lythrum* alle und zwar sämtlich in gleicher Weise ausgebildet auftreten, so daß wir in ihr ein Beispiel für eine durchaus regelmäßige Blüthe gewinnen, während bei *Cuphea strigulosa* sowohl ein Verkümmern von vier Blumenblättern und einem Staubfaden, als auch eine ungleichseitige Ausbildung der ganzen Blüthe erfolgt, und endlich bei

Cuphea platycentra außer einem Staubfaden noch alle Blumenblätter verkümmern. In Betreff des Fruchtknotens aber sehen wir bei Lythrum und Cuphea platycentra zwei Fruchtknotenfücher von nahebei gleicher Größe, die beide fruchtbar sind, während bei Cuphea strigulosa ein größeres und ein kleineres Fruchtfach auftreten, und nur ersteres Samenknospen birgt, wonach es scheint, als ob bei letztgenannter Blüthe mit ungleichseitiger Entwicklung die Scheidewände des Fruchtknotens, wahrscheinlich den Rändern der Fruchtblätter entsprechend, nicht auf die Mitte des aus dem Mittelskülchen entstandenen Samenträgers treffen, weshalb nur dasjenige Fach, welches den letzteren umschließt, fruchtbar wird (Fig. 45). Die zwispaltige Narbe, bei Lythrum von einem längeren Staubweg getragen, ist bei Cuphea sitzend. Der Blütenstaub ist bei allen dreien von gleichem Bau, nur sind die streifigen Zeichnungen auf der Exine bei Cuphea platycentra deutlicher entwickelt<sup>1)</sup>.

Für die Schwierigkeit der Deutung eines fertigen, genau untersuchten Theiles ohne Kenntniß der Entwicklungsgeschichte mag endlich die weibliche Blüthe von

### Cecropia palmata

(Taf. II. Fig. 53)

als Beispiel dienen. Ein Längsdurchschnitt derselben zeigt nämlich einen hohlen fleischigen cylindrischen Körper (*a*), welcher eine aufrechte, aber nicht durchaus gleichseitig ausgebildete Samenknospe umschließt und als solcher für den Fruchtknoten gehalten werden muß. Diesem Fruchtknoten fehlt aber die Narbe, dagegen bildet das äußere Integument der Samenknospe an der einen Seite eine stielartige Verlängerung, welche aus der Oeffnung des fraglichen Fruchtknotens hervortritt und mit einem Büschel echter Narbenhaare endigt. Neben dieser Verlängerung liegt der äußere Knospenmund. Die innere Seite des fleischigen äußeren Integumentes (*b*) ist mit einer sehr entwickelten Oberhaut pallisadenförmiger Zellen versehen. Das innere Integument (*c*) besteht nur aus zwei Zellenreihen und der Embryosack (*se*) liegt in der Spitze des Knospenkernes (*d*); er ist nach oben nur von wenigen Zellen des letzteren bedeckt. Ein Gefäßbündel, welches in die Samenknospe tritt, theilt sich alsbald und

<sup>1)</sup> Derselbe verdiente eine genauere Untersuchung.

sendet einen Zweig zum Knospenkern, wo er in gewohnter Weise in der Chalaza endigt, während der andere in die Verlängerung des äußeren Integuments verläuft und unter dem Haarbüschel endigt. — Ist meine Deutung die richtige, so sehen wir bei *Cecropia* einen Fruchtknoten ohne eigentlichen Staubweg und ohne Narbe, dagegen beide Theile durch eine Verlängerung des äußeren Integumentes der Samenknospe ersetzt. Will man dagegen die fleischige Hülle *a* als ungetrenntblättrige Blütenhülle betrachten, so muß man das äußere Integument meiner Samenknospe als Fruchtknoten ansprechen. Die Entwicklungsgeschichte allein kann diese Frage endgültig entscheiden <sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Die Untersuchungen über *Ananassa*, *Matthiola* und *Cecropia* wurden im Jahre 1856 auf Madeira unternommen, die Beobachtungen über *Lythrum* und *Cuphea* stammen aus dem Jahre 1850.



## VI.

### Ueber das Zeichnen naturwissenschaftlicher, insbesondere mikroskopischer Gegenstände.

---

Für alle Fächer der Naturwissenschaften ist einige Fertigkeit im Zeichnen unentbehrlich. Wer das von ihm Beobachtete nicht selbst als Zeichnung wiedergeben kann, sich vielmehr fremder Hülfe bedienen muß, wird überall im Nachtheil sein, weil für naturwissenschaftliche Zeichnungen immer zweierlei: *a*) eine Fertigkeit im Zeichnen, *b*) ein Verständniß des Gegenstandes nothwendig ist. Je größer beide sind, um so werthvoller wird die Zeichnung werden, wo aber eins von beiden fehlt, wird auch die Zeichnung häufig mangelhaft oder gar unbrauchbar ausfallen.

Unter Fertigkeit im Zeichnen verstehe ich nicht allein eine geschickte Handhabung der Bleifeder oder des Pinsels und eine Kenntniß und richtige Anwendung der Farben, obschon ich auch diese Technik für wesentlich halte, sondern vor allen eine richtige Auffassung der Natur. Die Zeichnung muß lebendig sein, man muß aus ihr entnehmen, daß der Zeichner den Charakter des Gegenstandes erkannte und denselben treu wiederzugeben verstand. Für eine solche Auffassung aber ist vor allen Dingen nöthig, daß man richtig sehen lernt, was nur in der Natur und durch eine genaue Bekanntschaft mit derselben geschehen kann.

In den Unterrichtsanstalten Deutschlands und Frankreichs ist in neuerer Zeit die auf dem Princip eigener Anschauung gegründete Methode des Zeichnens eingeführt, und wäre es sehr wünschenswerth, daß selbige überall angenommen und über alle Schulen, die höheren sowohl als auch die niederen, ausgedehnt würde. Eine Zeichenmethode, welche des Schülers Anschauungs- und Auffas-

sungsvermögen ausbildet, wirkt zu gleicher Zeit auch vortheilhaft auf dessen Verstand; derselbe lernt, indem er zeichnet, den Werth der Verhältnisse zu einander schätzen und die so wichtigen Gesetze der Perspective und des Schattenfalles erkennen. Aus der Perspective lassen sich wiederum die Entfernungen bestimmen und aus dem Schattenfall die Art der Beleuchtung und deren Einfluß auf das Hervortreten der Formen und die Nüancirung der Farben verstehen. Wer dagegen nur gegebene Bilder nachzeichnet, der wird höchstens genau copiren, aber niemals das Wahre von dem Falschen unterscheiden, niemals durch sein Zeichnen die Natur verstehen lernen.

Wenn ich soeben auf die Bedeutung eines rationellen Zeichnenunterrichtes hingewiesen, so glaube ich zu dieser Behauptung vollkommen berechtigt zu sein und habe schon vorhin gezeigt, daß ein derartiger Zeichnenunterricht das Auge schärft und die durch selbiges erregten Geistesfähigkeiten ausbildet. In den Handwerkerschulen längst und nach Gebühr gewürdigt, wird in den Gelehrtenschulen dagegen der Zeichnenunterricht leider mehr als billig vernachlässigt und doch würden sich später viele Mediciner und alle, die sich den Naturwissenschaften gewidmet haben, freuen, wenn sie ordentlich zeichnen könnten. Sie würden sich damit ihr eigenes Studium wesentlich erleichtern und manches ihnen interessante Vorkommen sich und der Wissenschaft als Zeichnung erhalten können. Um einen Gegenstand in der Natur verständlich als Zeichnung wiederzugeben, braucht man aber noch kein großer Künstler zu sein, man muß, wie schon erwähnt, nur richtig sehen und das Gesehene richtig wiedergeben können. Sogar den Jüngern anderer Wissenschaften würde es nicht schaden, wenn sie ein wenig zeichnen lernten, zumal auf unseren Gymnasien viel Zeit auf andere Disciplinen verschwendet wird, die im Leben kaum zur Anwendung kommen. Viele Dinge in der Natur würden mit mehr Interesse betrachtet werden, auch dürfte hier und da ein schlummerndes Talent geweckt und der Eine oder der Andere der Kunst zugeführt werden. Manchem aber wäre sicherlich eine angenehme Beschäftigung in Mußestunden gegeben.

Zum Verständniß des Gegenstandes gehört eine genaue Bekanntschaft desselben in allen seinen Theilen und mit der Bedeutung dieser Theile zum Ganzen. Das Verständniß eines Gegenstandes ist somit von der richtigen äußeren Auffassung desselben durchaus verschieden. Die letztere erfafst zunächst das Morpholo-

gische im Allgemeinen, bektümmert sich dagegen nicht um Einzelheiten, die für das Verständniß allerdings nothwendig sind. Die Habituszeichnung eines Thieres oder einer Pflanze wird deshalb in der Regel von einem wirklichen Künstler ungleich besser als von einem Manne der Wissenschaft dargestellt werden. Der erstere begnügt sich, wie es hier durchaus richtig ist, mit dem Totaleindruck und vermeidet Alles, was denselben stören könnte; er zeichnet nur das, was er wirklich sieht. Der Mann der Wissenschaft bringt dagegen, wenn er nicht gleichzeitig auch Künstler ist, was leider nur sehr selten zusammentrifft, gar leicht zu viel in seine Zeichnung; es ist aber auch hier wie überall Gesetz, nur das zu zeichnen, was man wirklich sieht und so wie man es sieht. Für die Habituszeichnung ist der Habitus, d. h. der äußere Charakter des Ganzen; für die Zergliederungen des Gegenstandes sind dagegen die Einzelheiten besonders hervorzuheben; dort ist der Totaleindruck des Gegenstandes, hier sind die einzelnen Theile in ihrer Bedeutung zu einander die Hauptsache. Wie nothwendig es deshalb, namentlich für die Zergliederungen eines Thieres oder einer Pflanze ist, daß der Beobachter selbst zeichnen könne, versteht sich fast von selbst.

In den meisten Fällen wird dem Naturforscher eine Zeichnung mit der Bleifeder, oder noch besser mit Tusche oder Sepia genügen. Wer zu zeichnen versteht, kann überhaupt mit wenig Mitteln viel erreichen. In vielen Fällen wird aber auch eine Kenntniß der Farben wünschenswerth sein, für welche man allerdings etwas Farbensinn mitbringen muß. Die Nüancen der Farben sind in der Natur zu studiren, die Mischung derselben für diese Nüancen wird man dagegen am besten von einem tüchtigen Meister oder durch langjährige eigene Uebung erlernen. Zu wissenschaftlichen Zeichnungen sind die Wasserfarben in der Regel ausreichend, ja meistens nur allein anwendbar; Oelfarben kann man nur für sehr große Habituszeichnungen benutzen, und verlangt die Behandlung derselben eine besondere Kenntniß; die Aquarellfarben sind überdies, mit wenigen Ausnahmen, auch für diesen Zweck genügend. Die englischen Wasserfarben von ACKERMANN und die französischen Honigfarben von CHENAL möchte ich besonders empfehlen. Die letzteren eignen sich ganz vorzüglich für Habituszeichnungen und geben mehr Körper; die ACKERMANN'schen Farben sind dagegen, wegen ihrer größeren Durchsichtigkeit, für mikroskopische Zeichnungen brauch-

bar. Ich benutzte früher beiderlei Farben, und verwendete die französischen Honigfarben für Habituszeichnungen, die englischen Wasserfarben dagegen für mikroskopische Bilder. Jetzt bediene ich mich einzig und allein der Honigfarben, mit welchen man ebenso gut körperlich als auch durchsichtig malen kann, wozu allerdings einige Uebung nothwendig ist.

Ueber die Anwendung der Farben läßt sich wenig Allgemeines sagen, man muß dieselben förmlich studiren. Nur selten wird man reine Farben benutzen können und muß sie deshalb mischen lernen, wozu es nöthig wird, daß man die Eigenthümlichkeit jeder Farbe aufs genaueste kennt, was ganz besonders für die Lasurfarben (Carmin, Carminlack, gebrannte Sienna, Gummi Gutt, Saftgrün, Stil de grain, Biester) gilt. Will man z. B. das feurige Roth der Granatblüthe darstellen, so legt man mit Gummi-Gutt unter, läßt obige Farbe trocknen und malt mit Carmin über; mischt man dagegen beide Farben zusammen, so erhält man ein ganz anderes, keineswegs brillantes Roth. Für einzelne Nüancen des Violett ist es ebenfalls richtiger, das Blau nicht mit dem Roth zu mischen, sondern beide Farben nach einander anzuwenden. Für die Mischung des Grüns sollte man niemals Berliner Blau benutzen, da selbiges, zumal wenn es nicht dem Lichte ausgesetzt wird, nachdunkelt, d. h. nach einiger Zeit mehr wie anfänglich hervortritt; Indigo und Gummi-Gutt sind dagegen sehr zu empfehlen; für ein glänzendes Grün ist Saftgrün (*vert de vessie*) und Stil de grain (*Brown pink* der Ackermanschen Farben) anzuwenden.

Bei Habituszeichnungen ist eine richtige Schattirung wesentlich; ein Untermalen der Schattirungen mit einer unbestimmten Farbe, der sogenannten Neutral-tint, deren man mehrere Nüancen besitzt, ist hier sehr rathsam; man trägt die Schatten in ihrer vollen Stärke auf und setzt dann späterhin die Farbe über. Durch das Untermalen mit der blauschwarzen Neutral-tint erhält der Gegenstand einen Luftton. Für einige Farben wirkt indess die Neutral-tint nachtheilig; der Schatten eines reinen Gelb wird durch sie schmutzig, weshalb man hier entweder gar nicht oder nur sehr schwach untermalt. Die Ackermansche Neutral-tint aller Nüancen hat den großen Vortheil, daß sie die nässeste Farbe verträgt, ohne, wenn sie einmal trocken gewesen, zu verwaschen; die Neutral-tint der Honigfarben kann dagegen, weil sie diese Eigenschaft nicht besitzt, zum Untermalen

nicht wohl benutzt werden; ebensowenig kann man chinesische Tusche, wohl aber Sepia, für diesen Zweck anwenden. Die chinesischen Tusche benutzt man dagegen mit großem Vortheil für feine und bestimmte Contouren, für welche weder Neutral-tint noch Sepia geeignet sind, nur hüte man sich vor kräftigen Strichen, weil dieselben bei späterer Anwendung einer nassen Farbe verwaschen und die letztere schmutzig machen; die kräftigen Striche müssen deshalb zuletzt ausgeführt werden. Ebenso verwendet man für ganz dunkle Schattirungen zu allerletzt noch in der Regel die Lasurfarben. Auch etwas Gummiwasser oder ein geringer Zusatz arabischen Gummis zur Farbe kann hier und da für diesen Zweck empfohlen werden, jedoch hat der Glanz der mit Gummi überzogenen Partien für mich etwas Unangenehmes, und läßt sich durch einen sehr tiefen Schatten, zu dessen Herstellung Sepia oder Indigo, desgleichen beide mit einander gemischt, in anderen Fällen auch Tusche sehr geeignet sind, dasselbe und zwar mit mehr Naturwahrheit erreichen.

Schöne Zeichnungen verlangen auch schönes Papier, das nach der Art der Zeichnung ein anderes sein muß. Für mikroskopische, mit dem Pinsel auszuführende Darstellungen ist ein glattes englisches Velinzeichnenpapier zu empfehlen; für eigentliche Farbenskizzen eignet sich ein minder glattes, für ganz große Habitus- oder Vegetationsbilder sogar ein gekörntes Papier, wie es der Landschaftler anwendet. So unwichtig diese Vorschriften Manchem erscheinen mögen, so wesentlich sind sie doch zur Erreichung wirklich schöner Zeichnungen; es ist ein verkehrter Glaube, daß man auf jeglichem Papier und mit jeglicher Farbe gut zeichnen oder malen könne.

Für brauchbare Bleifedern empfehle ich die Fabriken von Faber sowie von Rehbach. Wer mit der Bleifeder schattirt, muß mehrere Sorten besitzen; wer sie nur zur Anlage benutzt, bedarf der harten Sorten nicht. Als Pinsel sind die besten und theuersten Wiener oder Pariser Pinsel anzurathen, und sind für ganz feine Umriss die Pinsel aus schwarzem Marderhaar, welche in eine sehr feine Spitze auslaufen müssen, besonders geeignet. Man muß der Pinsel mindestens sechs bis acht von verschiedener Dicke und Stumpfheit besitzen, und zum Verwaschen breiter Schattirungen ganz stumpfe und abgemalte Pinsel anwenden.

In der Regel benutzt man die Zeichenfeder zu feinen Umrissen; ich gebe dem Pinsel entschieden den Vorzug. Die Anwen-

dung des letzteren erfordert freilich mehr Uebung, wer ihn aber einmal zu brauchen versteht, wird mit ihm mehr als mit der Feder erreichen und zugleich schneller vorwärts kommen. Eine mikroskopische Zeichnung mit dem Pinsel ausgeführt, ist überdies viel weicher, weil sich durch letzteren die relative Stärke und Kraft einer jeden Linie weit besser und getreuer wiedergeben läßt.

Ich halte eine genaue wissenschaftliche Zeichnung für etwas sehr Werthvolles und Wichtiges, mache an dieselbe große Ansprüche und wünsche, daß solche auch von Anderen gemacht werden. Ich wünsche vor Allem, daß man nie vergessen möge, was eine naturwissenschaftliche Zeichnung sein soll: ein getreues Bild der Natur, aber keine subjective Vorstellung. Aus diesem Grunde verwerfe ich, wie schon erwähnt, alle schematischen Abbildungen, verlange dagegen nicht von Jedem und nicht für alle Fälle künstlerisch schön ausgeführte Bilder, wohl aber getreue und verstandene Darstellungen.

Für mikroskopische Abbildungen sind in der Regel Umrisszeichnungen vollkommen genügend; bei der Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile erscheint mir sogar eine weitere Ausführung mehr als überflüssig; bei anderen mikroskopischen Gegenständen dagegen sind vielfach nur die Umrisse der Zellen und deren Inhalt wichtig. Wer niemals zeichnete, wird nun, wenn es ihm wirklich Ernst ist, durch einige Uebung leicht so viel erlernen, daß er brauchbare mikroskopische Bilder, die ja meistens nur Flächenansichten darstellen, liefern kann, wobei die Camera lucida ihn kräftig unterstützen wird.

Die Habituszeichnung bietet dagegen ungleich mehr Schwierigkeiten, indem für sie auch eine künstlerische Auffassung nothwendig wird. Man hat hier, außer den Größen- und Formenverhältnissen, noch auf die richtige Stellung des Gegenstandes, auf die eintretenden, durch die Perspective bedingten Verkürzungen und auf den Fall des Schattens zu achten, und muß deshalb, wenn man einen körperlichen Gegenstand zeichnen will, denselben in das richtige, d. h. zur Erkennung seiner Formen und äußeren Eigenschaften günstigste Verhältniß in Bezug auf Licht und Stellung bringen, und endlich den Gegenstand von einem und demselben Standpunkt aus und bei einer und derselben Beleuchtung auffassen. Was sich auf diese Weise durch eine Darstellung nicht erreichen läßt,

muß man durch zwei oder mehrere Zeichnungen desselben Gegenstandes bei verschiedener Stellung und Beleuchtung zu gewinnen suchen.

Unterm Mikroskop betrachtet man in der Regel nur zarte Schnitte, seltener körperliche Gegenstände, und letztere dann meistens bei schwacher Vergrößerung und bei auffallendem Lichte. Für solche Fälle gilt dasselbe, was ich soeben für die Habituszeichnung erwähnt habe, indem man auch hier die beste Stellung des Gegenstandes zum Licht auswählen und sowohl auf die Schattirung als auch auf die Perspektive achten muß, desgleichen die Beleuchtung nicht willkürlich ändern darf.

Es ist Gebrauch für körperliche Gegenstände das Licht als von der linken Seite kommend anzunehmen, die rechte Seite liegt alsdann im Schatten. Wenn nun eine Tafel mehrere Figuren enthält, so muß der Schatten auf allen Figuren an der rechten Seite liegen, weil man nur auf diese Weise im Stande ist, aus der Zeichnung einen gewölbten Körper von einem hohlen Gegenstande zu unterscheiden. Der Künstler wird gegen eine solche Regel niemals verstoßen, dem Manne der Wissenschaft kann es dagegen wohl vorkommen, daß eine derartige scheinbare Kleinigkeit von ihm unbeachtet bleibt. Bei stärkeren Vergrößerungen und bei durchfallendem Licht betrachtet man zwar nur Flächen, und doch wird auch hier an den Grenzen des Gegenstandes oder an den Grenzen der Zellen ein Schatten bemerkbar sein. Je zarter der Schnitt ist und je gerader das Licht durch ihn fällt (zumal vom Planspiegel), um so schwächer wird dieser Schatten auftreten; bei schief durchfallendem Licht werden die Schatten schon mehr bemerkbar und beruht hierauf zunächst die große Bedeutung dieser Art der Beleuchtung. Wo man im Mikroskop einen solchen Schatten sieht, muß man ihn auch im Bilde wiedergeben; man muß sich überhaupt sowohl bei der mikroskopischen, als auch bei jeder naturwissenschaftlichen Zeichnung zum Gesetz machen, alles das zu zeichnen, was man sieht und wie man es sieht, nachdem man es als zum Gegenstand gehörig erkannt hat. Noch wichtiger als dieser Schlagschatten, der uns die Tiefe der Zellen erkennen läßt und namentlich bei allen Holzzellen deutlich auftritt, ist der Grad der Schärfe, der Breite und der Schwärze der einzelnen Linien in der Zeichnung des Bildes selbst. Indem man genau zeichnet, macht man hier oftmals die

wichtigsten Beobachtungen, die man sonst vielleicht übersehen hätte; man wird überhaupt viel genauer mit den einzelnen Details bekannt, verlangt viel gelungenere Präparate, und ist nicht so leicht befriedigt, als man es vielleicht sonst sein würde. Mit den Ansprüchen steigert sich aber auch die Vollendung und der Werth, sowohl der Zeichnung als auch der ganzen Beobachtung.

Wenn man mit der Camera lucida zeichnet, so kommt es, namentlich bei starken Vergrößerungen, häufig vor, daß sich bei Aenderung der Einstellung das Bild etwas verschiebt und hat man alsdann das Papier, ehe man weiter zeichnet, gleichfalls zu verschieben, so daß Bild und Zeichnung wieder über einander fallen; dasselbe gilt für den Fall, wo man den Gegenstand, um andere Theile desselben unter das Gesichtsfeld zu bringen, weiter rückt. Eine geringe Uebung macht diese kleinen Handgriffe geläufig. Man muß sich außerdem gewöhnen, während der Beobachtung beide Augen offen zu halten. Wer viel mit dem Mikroskop beobachtet, sollte niemals mit den Augen wechseln; das Auge, mit dem man immer observirt, gewöhnt sich täglich mehr an das Mikroskop, man sieht mit ihm viel schärfer, es wird freilich, wenn es sonst gesund ist, allmählig etwas kurzsichtiger. Das Auge, welches man nicht gebraucht, ist für die Zeit, ohne geschlossen zu sein, unthätig.

Bisweilen ist es wünschenswerth, auf einer und derselben Zeichnung die obere und die untere Seite eines Schnittes zu besitzen. Man zeichnet dann zuerst die eine dieser Seiten, legt die Umriss- und wichtigen Details derselben mit Tusche an, löscht dann die früheren Bleifederstriche aus und zeichnet nun die andere Seite darüber; die untere Seite muß in diesem Falle so gehalten werden, als ob man in die Tiefe der Zellen sähe. Derartige Zeichnungen, die selten vorkommen, erfordern, um naturwahr dargestellt zu werden, einige Uebung.

Für die Blütenanalyse, wie für so manche andere Fälle, ist oftmals neben den Zergliederungen auch eine Habituszeichnung wünschenswerth; bei schöner Ausführung ist dieselbe eine Zierde solcher Tafel. Aber auch hier ist eine Umrisszeichnung, wenn selbige richtig aufgefaßt ist, sobald man von der Farbe absieht, vollkommen ausreichend. Wem eine Körperzeichnung große Schwierigkeiten macht, der sollte nicht mit ihr seine Zeit verschwenden, da genaue Zer-



gliederungen jedenfalls das Wichtigere sind. Für die letzteren kann man nicht leicht zu viel, wohl aber zu wenig thun; Untersuchung und Zeichnung müssen gleich genau sein und hat die schönste Habituszeichnung bei einem Mangel guter Blütenanalysen nur geringen wissenschaftlichen Werth.

Bei der Entwicklungsgeschichte der Blüthe oder anderer Pflanzentheile ist es oft vortheilhaft, die Bilder der einzelnen Entwicklungszustände nicht sogleich auszuführen, sondern dieselben nur mit der Bleifeder anzulegen und die Präparate für einige Stunden zu bewahren. Man erhält nämlich bei fortgesetzter Untersuchung häufig bessere Präparate und löscht dann die Umrisse der früheren, nicht so gelungenen, aus, um sie durch instructivere zu ersetzen, auf diese Weise wird Zeit und Papier gespart. (In diesem Falle ist die einfachere als Prisma über dem Ocular angebrachte Camera lucida (S. 38), welche sich leicht zur Seite schieben läßt, viel zweckmäßiger als die knieförmige *Chambre claire* von OBERHÄUSER, welche bei jedesmaligem Gebrauch gegen das Ocular vertauscht werden muß.) Bei der Entwicklungsgeschichte der Zelle ist dagegen immer das Bild des Augenblickes aufzufassen und aufs genaueste wiederzugeben; dort treten zu rasche und zu wesentliche Veränderungen ein, als daß man irgend mit der genauen Ausführung der Zeichnung säumen dürfte. Für die Entstehung des Embryo der Phanerogamen wird eine möglichst genaue Zeichnung des ganz frischen Präparates von beiden Seiten und ebenfalls eine Zeichnung desselben Präparates, wenn es unter Chlorcalciumlösung aufbewahrt ist, wichtig. Aus einer solchen vergleichenden Zeichnung erkennt man den Werth dieser Präparate für die Lehre von der Pflanzenbefruchtung und sieht, daß selbige sich in der Hauptsache nicht wesentlich verändern und deshalb ihre volle Beweiskraft behalten<sup>1)</sup>.

Aus einer größeren Anzahl von Zeichnungen, die man für sich anfertigte, wird man dann später die geeignetsten Figuren zur Veröffentlichung wählen müssen und wird hierbei, wenn es auf eine allgemeine Verbreitung ankommt, allen überflüssigen Aufwand zu vermeiden haben, worunter jedoch die Genauigkeit der Zeichnung selbst niemals leiden darf. — Für mikroskopische Gegenstände ist mir eine

---

<sup>1)</sup> Ich bewahre sehr schöne Präparate für *Gladiolus*, *Crocus*, *Watsonia*, *Phormium*, *Zea* u. s. w.

auf Stein radirte Zeichnung oder eine Weise der Darstellung wie sie C. F. SCHMIDT in Berlin anwendet sehr angenehm. (Die Umrissse sind mit lithographischer Dinte, die Schattirungen dagegen mit lithographischer Kreide gezeichnet, wodurch Schärfe des Umrisses neben Weichheit der Schattirung erreicht wird.) Wer selbst ordentlich zeichnen kann, dem wird auch die Führung der Radirnadel wenig Schwierigkeiten machen, um nöthigen Falls seine Zeichnungen selbst auf den Stein übertragen und somit noch mehr für ihre Richtigkeit einstehen zu können. Dasselbe gilt für den Holzschnitt, wenn der Beobachter, wie ich es seit Jahren ausführe, die Zeichnung selbst auf den Holzstock anfertigt, so daß der Xylograph die Originalzeichnung direct in das Holz überträgt, wodurch der Holzschnitt, gleich einer Radirung, gewissermaßen als Originalzeichnung zu betrachten ist.

Jede mikroskopische Abbildung muß neben oder über sich die Vergrößerung, bei der sie gezeichnet wurde, am zweckmäßigsten als Bruchzahl ( $\frac{1}{1}$  = natürliche Größe,  $\frac{100}{1}$  = 100mal im Durchmesser), führen. Wenn man das mikroskopische Bild mit der Camera lucida und zwar in einer gemessenen Entfernung von der letzteren, aufs Papier entwirft, so kann man nicht allein die Vergrößerung ziemlich genau bestimmen, sondern auch das Größenverhältniß der Theile, die bei derselben Vergrößerung gezeichnet wurden, zu einander schätzen und mit dem Zirkel hinreichend genau ermitteln. In manchen Fällen wird es auch werthvoll sein, daß jede Figur, welche einen Entwicklungszustand darstellt, noch außerdem mit ihrem Datum versehen ist, wie es z. B. für die Entwicklungsgeschichte der Knospen unserer Bäume unerläßlich wird. Um die Tafel selbst nicht durch Buchstaben und Zahlen zu überladen, dürfte jedoch das Datum für die Erklärung der Figuren aufgespart und dort bemerkt werden.

Zur Bestimmung der Vergrößerung einer jeden Combination des Mikroskopes bedient man sich am zweckmäßigsten eines Glasmikrometers, der unter das Objectiv gelegt wird und dessen Bild man mittelst der Camera lucida auf einen statt des Papiers untergelegten Maßstab entwirft oder noch besser auf weißes Papier projectirt und die Theilstriche mit der Bleifeder genau fixirt und darauf mit dem Zirkel auf jenen Maßstab überträgt. — Ich habe alle meine Vergrößerungen bei 250 Millim. Abstand (bei welcher Entfernung ich zeichne) gemessen. Wenn nun z. B. ein  $\frac{1}{2}$  Millim. des Glasmikrometers (ich besitze Glasmikrometer, wo der Millimetre in 100, in 200

und in 400 Theile getheilt ist) 25 Millim. des Maßstabes deckt, so ist die Vergrößerung 8mal 25, folglich 200. Durch eine ähnliche, sehr einfache Rechnung bestimmt man alle Objectiv- und Ocular-combinationen seines Mikroskopes und stellt sie zweckmäßig als Tabelle zusammen.

---

Wer mit Honigfarben malen will, für den sind nach meiner Erfahrung folgende Farben nothwendig: Carmin oder Carminlack, Berliner Blau (aus beiden wird das Violett gemischt), Indigo, Gummigutt (beide geben gemischt ein stumpfes Grün), Vert de vessie, Stil de grain (das eine oder das andere mit Gummigutt oder mit Indigo, auch für sich als glänzendes Grün), gebrannte Sienna (kann mit Gummigutt, Carmin und Sepia als Braun gemischt werden), Sepia (giebt mit anderen Farben gemischt eine tiefe Schattenfarbe, ebenso Indigo), Ultramarin, Vermillon und Blanc d'argent (werden selten gebraucht). Außer diesen Honigfarben sind noch chinesische Tusche und Neutraltinte nothwendig. Für die festen Honigfarben gebraucht man keine Palette, man malt direct von der Farbe ab und probirt den Ton derselben, namentlich bei einer Mischung, auf einem Stück reinen weißen Papiers. Bei den Honigfarben genießt man den Vortheil, daß man die Farbe durch einen nassen Pinsel wieder entfernen kann, welche Eigenthümlichkeit andererseits eine vorsichtige Behandlung bei der Schattirung nothwendig macht, weil man beim Uebertragen eines neuen Farbentones Gefahr läuft, die unten liegenden Farben wieder weg zu waschen und deshalb für solchen Fall die letzten Farben trockener halten muß. In neuester Zeit sind auch nasse englische Honigfarben, in kleinen Blechkapseln bewahrt, zur Anwendung gekommen, selbige sind schön, aber zu theuer und erreichen dennoch an Feuer die CHENAL'schen trockenen Honigfarben nicht. — Für die mit Gummi zubereiteten Wasserfarben, welche abgerieben werden, ist eine weiße Porcellanpalette nothwendig; die Mischung der Farben geschieht auf derselben und erfordert ihr Gebrauch weniger Vorsicht. Es werden dieselben, oben angegebenen Farben und in derselben Mischung zu einander benutzt.

---

## VII.

### Ueber die Aufbewahrung mikroskopischer Präparate.

---

**D**ie Anfertigung haltbarer mikroskopischer Präparate ist ein wesentliches Mittel zur Förderung der Wissenschaft, indem es durch sie möglich wird, ein wichtiges, vielleicht nur selten gelingendes Präparat als Zeugniß für die spätere Vergleichung zu bewahren. Erst in neuerer Zeit hat man zweckmäßige Methoden zur Aufbewahrung solcher Präparate kennen gelernt, welche seitdem einen nicht geringen wissenschaftlichen Werth erhalten haben.

Aber nur sehr gelungene Präparate verdienen eine Aufbewahrung, weshalb es nothwendig ist, daß man zuerst ihren Werth beurtheilen lernt. Eine Sammlung schlechter Präparate ist ebenso überflüssig und werthlos, als eine Collection solcher Gegenstände, welche man jeden Augenblick ohne Präparation und Mühe in gleicher Vollkommenheit darstellen kann. Dagegen ist eine Sammlung gelungener mikroskopischer Präparate sowohl zur Demonstration als zur Vergleichung wichtig, und will ich die Regeln, nach welchen eine solche einzurichten ist, näher erörtern.

Eine für wissenschaftliche Zwecke angelegte Sammlung mikroskopischer Präparate muß gewissermaßen die schriftliche und bildliche Darstellung des Beobachters commentiren und zur Bestätigung des von ihm Ausgesagten dienen können. Für die Entwicklungsgeschichte wird sie deshalb alle Entwicklungsphasen in bestimmter Reihenfolge enthalten müssen; für die Hölzer und Rinden werden Schnitte nach den drei bekannten Richtungen nothwendig, auch werden Schnitte durch jüngere und durch ältere Zweige aufzubewahren sein. Für das Blatt wird die isolirte Oberhaut beider Seiten, desgleichen ein Längsschnitt und ein Querschnitt erforderlich u. s. w.

Die auf einander folgenden Entwicklungsstadien eines Organes oder die drei Schnitte durch Hölzer und Rinden werden zweckmässig auf derselben Glastafel vereinigt, weshalb ich die seit funfzehn Jahren von mir benutzte Grösse dieser Tafeln (3 Zoll lang und 1 Zoll breit), welche die Nebenordnung dünner mit Deckgläsern verschlossener Lackrahmen zulässt, auch fernerhin beibehalten habe<sup>1)</sup>. Jede Tafel muss nicht allein den Namen des Gegenstandes tragen, sondern noch anderweitige, auf die Präparate bezügliche Bemerkungen aufnehmen können, und endlich müssen die Tafeln zu einander nach einem bestimmten Princip geordnet sein, damit jedes Object leicht zur Hand ist.

Die trocken aufbewahrten Präparate thierischer und pflanzlicher Gegenstände, welche man als Zugabe älterer Mikroskope noch bisweilen antrifft, haben, weil sie die Dinge im vertrockneten Zustande zeigen, gar keinen Werth; für die Kieselschalen der Diatomeen und ähnliche verkieselte Bildungen dagegen kann unter Umständen ein trocken bewahrtes Object werthvoller sein als ein anderes, welches in einem bestimmten Medium liegt und durch ein ähnliches Brechungsvermögen mit letzterem zu durchsichtig geworden ist (S. 33). Im Allgemeinen aber wird man die Präparate aus dem Thier- und Pflanzenreich in einem flüssigen Medium aufbewahren müssen (S. 195).

Als Aufbewahrungsmittel dienen vorzüglich folgende Flüssigkeiten: a) Chlorcaliumlösung, b) Oelstüfs, c) Zuckerwasser, d) Canada-balsam, e) Copallack.

Die Chlorcaliumlösung eignet sich für alle Holz-, Rinden- und Blattschnitte, sowie für die meisten, selbst jugendlichen Pflanzengewebe; die Präparate über Pflanzenbefruchtung werden durch sie nicht verändert, nur muss die Lösung bei allen zarten Gegenständen zuerst in sehr verdünntem Zustande hinzugefügt und am besten durch ganz allmähliges Verdunsten unter dem Schutz einer Glasglocke allmählig verstärkt werden. Fügt man die concentrirte Lösung plötzlich hinzu, so erfolgt ein Verschrumpfen des Inhaltes, häufig von einem Zusammenfallen der jugendlichen Zellen begleitet, während bei vorsichtiger Anwendung das Präparat in den meisten Fällen sein frisches

<sup>1)</sup> Der Giefsener mikroskopische Tauschverein benutzt ein kleineres Format, welches in mancher Beziehung zweckmässiger ist und eine beliebige Wendung des Präparates auf dem Mikroskopisch zulässt, dagegen nur einen Lackrahmen in seiner Mitte aufnehmen kann.

Ansehen bewahrt. Die Farbstoffe in den Zellen werden mehr oder weniger durch die Chlorcalciumlösung verändert, die Stärkemehlkörner quellen in derselben auf und werden unkenntlich, stören jedoch bei Hölzern und Rinden selten den Gesamteindruck des Präparates. Diese Lösung macht den Gegenstand nicht durchsichtiger, sie bedarf außerdem keines luftdichten Verschlusses und ist deshalb in den allermeisten Fällen dem Oelstüfs und dem Zuckerwasser vorzuziehen. Dagegen verändert sie sich bisweilen durch Zersetzung und Bildung von basisch salzsaurem Kalk, welcher nicht selten auf dem Präparate auskrystallisirt und dasselbige verdirbt, jedoch bei derben Gegenständen durch Zusatz eines Minimum von Salzsäure aufgelöst werden kann. Zur Vermeidung seiner Bildung ist es besser, die Chlorcalciumlösung durch wenige Tropfen freier Salzsäure anzusäuern. Eine zu concentrirte Lösung schieft außerdem in durchsichtigen Krystallen an, welche übrigens weniger nachtheilig wirken (S. 49).

Das Oelstüfs ist für dieselben Gegenstände brauchbar und bedarf gleichfalls keines luftdichten Verschlusses. Zudem bleibt das Stärkemehl unverändert, und hält sich das Chlorophyll in dieser Flüssigkeit viel besser. Die Schichten der Stärkemehlkörner verschwinden zwar anfänglich, treten jedoch nach 24 Stunden um so deutlicher wieder hervor. Das Oelstüfs ist deshalb überall, wo es auf die Erhaltung eines derartigen Inhaltes ankommt, anzuwenden. Es erhellt außerdem den Gegenstand, und macht somit das Präparat durchsichtiger, was oftmals wünschenswerth ist, bei ohnehin durchsichtigen Gegenständen aber für die Erkennung zarter Structurverhältnisse nachtheilig wird. Nach der Beschaffenheit des Gegenstandes wählt man deshalb zwischen der Chlorcalciumlösung und dem Oelstüfs und verdünnt, wo es sich um die Aufbewahrung zarter Präparate handelt, zuvor jedes dieser Aufbewahrungsmittel mit vielem destillirten Wasser, welches man entweder langsam an der Luft, unter einer Glasglocke vor Staub geschützt, verdampfen läßt, oder mit einem feinen Haarpinsel vorsichtig entfernt und durch eine etwas mehr gesättigte Mischung desselben Mittels ersetzt, die nach einiger Zeit wieder entfernt und wieder durch eine noch mehr concentrirte Lösung ersetzt wird. Auf diese Weise verhindert man die Veränderungen des Zelleninhaltes, soweit es überhaupt möglich ist. Ein durch destillirtes Wasser mäfsig verdünntes Oelstüfs hat die aufhellende Eigenschaft der concentrirten Flüssigkeit zum grössten Theil verloren, be-

darf indess, gleich der verdünnten Chlorcalciumlösung, des luftdichten Verschlusses. Präparate über Pflanzenbefruchtung sollte man niemals in Oelstüfs bewahren, dagegen eignet sich diese Flüssigkeit für feste thierische Gegenstände vortrefflich.

Eine Auflösung von Gelatine mit Oelstüfs (Gelatina 1 Theil, Wasser 3 Theile und Oelstüfs 4 Theile) ist für manche Fälle dem reinen Oelstüfs vorzuziehen und namentlich für sehr kleine Gegenstände, deren spätere Ortsveränderung in der Aufbewahrungsflüssigkeit durch das Erstarren derselben verhindert wird, anwendbar. Man erwärmt die Mischung über der Weingeistlampe oder indem man sie in siedendes Wasser stellt.

Zuckerwasser und andere leicht verdunstende oder sich zersetzende Flüssigkeiten können als Medium zur Aufbewahrung mikroskopischer Präparate nur unter luftdichtem Verschluss angewendet werden, und sind deshalb ausschliesslich für diejenigen Fälle zu wählen, wo die oben genannten Flüssigkeiten zu sehr verändernd einwirken dürften. Zum Zuckerwasser fügt man zweckmäfsig eine geringe Menge Quecksilbersublimat, um jede Pilzbildung u. s. w. zu verhindern.

Canadabalsam ist für fossile Hölzer, desgleichen für Diatomeenschalen und manche feste thierische Gegenstände geeignet, und wenn er rein und klar ist, dem dünnflüssigeren Copallack vorzuziehen. Beide sind nur für ganz trockene Objecte anwendbar und machen dieselben durchsichtiger. Vom Canadabalsam wird, wenn derselbe flüssig ist, ein Tropfen auf die Objecttafel gebracht und das trockene, vorher in Terpentinöl getränkte, Präparat auf diesen Tropfen gelegt, gehörig ausgebreitet und mit einem zweiten Tropfen Canadabalsams bedeckt, worauf ein gelindes Erwärmen der Objecttafel über der Weingeistlampe, zur Entfernung der etwa vorhandenen Luftblasen, zweckmäfsig ist. Fester Canadabalsam muss entweder vorher mit Terpentinöl verdünnt oder durch Erwärmen flüssig gemacht werden. Obschon Canadabalsam und Copallack an der Luft leicht austrocknen, ist es doch rathsam, nach etwa acht Tagen die Ränder des Deckglases mit Maskenlack zu bestreichen, weil beide mehr oder weniger klebend bleiben, der Maskenlack dagegen einen durchaus festen, nicht mehr klebenden Verschluss gewährt.

Wasserglas, von einigen Seiten als Aufbewahrungsmittel empfohlen, ist durchaus zu verwerfen, indem es schon nach wenigen

Wochen trübe wird und die in ihm liegenden Präparate gänzlich verdirbt.

Ebenso wichtig als die Aufbewahrungsflüssigkeit ist der Lack, welchen man zum Verschluss der Präparate anwendet. Derselbe muß schnell trocknen und einmal getrocknet, durch die gewöhnliche Lufttemperatur nicht weich oder klebrig, aber ebenso wenig spröde werden; Eigenschaften, welche ein Lack selten vereinigt. Es sind deshalb sehr verschiedene Arten von Lack empfohlen worden und haben sich mehr oder weniger bewährt. Guter Asphaltlack gehört mit zu den besten Verschlussmitteln, doch muß man die Sorte desselben, ehe man sie anwendet, erst auf ihre Eigenschaften prüfen, da nicht jeder Asphaltlack brauchbar ist. Mehr noch als diesen kann ich aus vierjähriger Erfahrung einen Spirituslack empfehlen, welchen man in der Lackfabrik von BESELER in Berlin, Schützenstraße No. 66, unter dem Namen schwarzer Maskenlack No. 3 zu mäßigem Preise (4 Loth 5 Sgr.) erhält. Dieser schwarze Maskenlack trocknet schnell, klebt nicht, wenn er einmal fest geworden, und bekommt auch keine Risse. Ist der Verschluss zu Anfang gut und vollständig hergestellt, wovon man sich durch den unveränderten Stand der Aufbewahrungsflüssigkeit leicht überzeugen kann, so darf man versichert sein, daß er bei vorsichtiger Behandlung des Präparates für immer tadellos bleibt. Die Schellacklösung, welche ich früher benutzte, hat dagegen den großen Nachtheil, daß sie, freilich oft erst über Jahr und Tag, spröde wird und abspringt, weshalb ich sie nicht mehr anwende und seit vier Jahren ausschließlich den schwarzen Maskenlack aus obiger Fabrik benutze. Geschmolzenes Kautschuk, von SCHLEIDEN früher empfohlen, ist ganz unbrauchbar, weil es sich hin- und herzieht und allmählig die Aufbewahrungsflüssigkeit verdrängt.

Vor dem Uebertragen der Präparate auf die Objecttafel ist es zweckmäßig, nachdem der Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit aufgebracht ist, die Tafel anzuhauchen, wodurch sich der Tropfen besser ausbreitet. Die Präparate selbst müssen aufs sorgfältigste hergerichtet sein. Frische saftige Gegenstände behandelt man selten vorher mit Alcohol, Holzdurchschnitte dagegen werden in Alcohol gelegt, um das Harz oder die Luft zu entfernen. Man darf sie aber nicht sogleich vom Alcohol in die Aufbewahrungsflüssigkeit bringen, muß sie vielmehr zunächst in ein Uhrschälchen mit Wasser über-



tragen. Darauf hebt man jedes einzelne Präparat mit einem äußerst feinen spitzen Haarpinsel heraus und bringt es in den für dasselbe bestimmten Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit auf die Objectplatte. Um kleine Präparate leichter aufzufinden, wird es bisweilen zweckmäßig sein, das Uhrschälchen auf einen dunkelen Untergrund von geschwärztem Holz oder Papier zu stellen. Sind die Präparate sämmtlich auf der Platte, so schiebt man letztere unter das einfache Mikroskop und bringt sie durch sorgfältiges Auseinanderbreiten mit der Nadel in die richtige Lage. Zu gleicher Zeit entfernt man die zufälligen, aber unvermeidlichen Staubtheilchen, als Fäden oder Haare u. s. w., die während des Herrichtens der Platte sich eingefunden haben.

Durch das Uebertragen der Präparate mit dem Pinsel aus dem Wasser in die Aufbewahrungsflüssigkeit ist eine Verdünnung der letzteren unvermeidlich, es ist deshalb zweckmäßig und ich unterlasse es niemals, vermittelt eines stärkeren durchaus reinen Pinsels den größten Theil der Flüssigkeit, in der das Präparat liegt, zu entfernen, was bei einiger Uebung ohne Berührung oder Verschiebung des letzteren ausgeführt wird. Die hinweggenommene Flüssigkeit muß darauf durch einen Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit ersetzt werden, dessen Größe sich nach der Dicke des Präparates richtet. Ist der Tropfen zu groß geworden, so entfernt man einen Theil der Flüssigkeit, wie vorhin, vermittelt des Pinsels. Ehe man nun das Deckgläschen auflegt, sollte man sein Präparat nochmals unter dem einfachen oder noch besser unter dem zusammengesetzten Mikroskop bei schwacher Vergrößerung betrachten, um nöthigenfalls noch das Eine oder Andere verbessern zu können. Weiter aber verfährt man wie folgt:

Zur Aufbewahrung der mikroskopischen Präparate wird die Glastafel, welche selbige aufnehmen soll, aufs sorgfältigste gereinigt und mit einem weichen Leinentuch vollkommen trocken gerieben. Darauf werden auf ihr, vermittelt eines Tuschpinsels, zwei parallel neben einander verlaufende, etwa zwei Linien breite Streifen des schwarzen Maskenlacks gezogen, deren Entfernung von einander sich nach der Größe des anzuwendenden Deckglases richtet. Diese beiden Lackstreifen, auf welchen die beiden sich gegenüberliegenden Ränder des Deckglases späterhin ruhen sollen, müssen, bevor man das Präparat auf die Glastafel überträgt, mindestens halbtrocken sein, was bei dem

Maskenlack nach 10—15 Minuten geschehen ist. Ist das Präparat sehr dünn, so genügt ein einmaliges nicht zu dickes Auftragen der Lackstreifen; ist es dagegen stärker und soll jeder Druck auf dasselbe vermieden werden, so müssen die beiden Lackstreifen durch wiederholtes Auftragen des Lacks auf die bereits angetrocknete Unterlage erhöht werden. Ist endlich die nöthige Höhe erreicht und sind die Lackstreifen durch mäßiges Austrocknen hinreichend fest geworden, so bringt man mit einem Glasstabe einen Tropfen der Aufbewahrungsflüssigkeit in die Mitte der beiden Lackstreifen und überträgt in denselben das Präparat mittelst eines feinen Tuschpinsels, wie es oben angegeben wurde. Wenn dasselbe in die richtige Lage gebracht und alles Störende entfernt ist, wozu eine Betrachtung unter dem zusammengesetzten Mikroskop und eine Beseitigung der Mischverhältnisse unter dem einfachen Mikroskop nothwendig wird, so prüft man die Menge der Aufbewahrungsflüssigkeit, in der das Präparat liegt und fügt nöthigen Falls, abermals mit einem Glasstab, eine kleine Quantität hinzu, oder entfernt, wenn deren Menge zu groß sein sollte, ein Minimum derselben mit einem feinen, durchaus reinen Tuschpinsel. Sind die Lackstreifen vollkommen trocken, wie sie nach einigen Tagen werden, so müssen sie durch einen ganz dünnen Ueberzug desselben Lackes wieder angefeuchtet werden, sind sie dagegen noch frisch und etwas klebend, so kann das Deckglas sofort vorsichtig aufgelegt werden und haftet mit seinen Rändern auf den Lackstreifen. Das Deckgläschen muß natürlich vorher aufs sorgfältigste gereinigt und mit einem weichen Leinentuch abgetrocknet sein. War der Flüssigkeit zu wenig und füllt dieselbe den Raum unter dem Deckglase nicht vollständig aus, so wird jetzt ein Minimum derselben mittelst des Glasstabes an den Rand des Deckglases gebracht; ist dagegen zu viel der Flüssigkeit vorhanden, so tritt dieselbe beim leisen Festdrücken des Deckglases über dessen Ränder hervor und wird mit einem reinen trockenen Pinsel, oder mit weißem Löschpapier, welches vorsichtig dem Rande des Deckglases genähert wird, entfernt. Wenn nunmehr alles in der gewünschten Ordnung, so wird der Rand der Deckplatte zuerst an den beiden offenen Seiten mit einem dickeren Lacke derselben Art, den man durch Abdunsten des Alcohols durch Stehen in einer offenen kleinen Flasche leicht erhält, sorgfältig verstrichen. Verwendet man den weniger eingedickten Maskenlack, so kann unter Umständen etwas desselben zwischen

das Deckglas treten und sich mit der Aufbewahrungsflüssigkeit vermischen, was bei genannter Vorsichtsmaßregel nicht stattfinden wird. Darauf werden auch die beiden anderen, auf den Lackstreifen ruhenden Ränder des Deckglases mit dem Lack verstrichen und das Präparat für einige Stunden zur Seite gelegt. Zeigt sich dann später eine Verminderung der Aufbewahrungsflüssigkeit, so ist der Verschluss nicht dicht und kann durch Hinzufügung von destillirtem Wasser der durch Verdunstung entstandene Verlust an Flüssigkeit ersetzt werden, worauf nach behutsamem Abtrocknen mit Löschpapier ein abermaliges Bestreichen der Ränder des Deckglases ausgeführt wird, wozu jetzt der weniger dicke Lack, weil er in dünnerer Schicht aufgetragen wird und als solche leichter trocknet, empfehlenswerther ist. Nach einigen Stunden wird ein dritter und wenn es nöthig sein sollte, nach einigen Tagen noch ein vierter Lacküberzug gegeben. Dann läßt man das Präparat noch mindestens acht Tage offen liegen und kann, wenn es innerhalb dieser Zeit keine Veränderung in der Aufbewahrungsflüssigkeit zeigt, versichert sein, daß es sich bei gehöriger Aufbewahrung für immer ohne Beschädigung des Verschlusses halten wird. Gefährlich ist es dagegen die noch frischen Präparate, bevor ihr Lack vollständig ausgetrocknet ist, in den Kasten zu legen.

Ich habe zuerst viereckige oder kreisförmige Lackrahmen angewendet, für deren leichtere Herstellung die Engländer sogar eine besondere Vorrichtung erfunden haben, mich aber bald überzeugt, daß auf diese Weise fast immer Luft neben dem Präparate eingeschlossen bleibt, welche oftmals störend wirken kann. Seitdem ich aber zwei sich gegenüberliegende Lackstreifen anwende, auf welchen das Deckglas, wie auf zwei Brückenpfeilern ruht, entweicht die Luft sehr leicht und kann der Raum unter dem Deckglase eben so leicht mit Flüssigkeit vollständig gefüllt werden, was bei der ersten Methode nicht möglich war. Das jetzt von mir befolgte Verfahren labort nur noch an einer Schwierigkeit: an der Erreichung des luftdichten Verschlusses für die beiden offenen Seiten, welche jedoch bei einiger Uebung nach der oben gegebenen Vorschrift leicht beseitigt wird und dann tadellos verschlossene Präparate liefert.

Wenn man einen vollkommen luftdichten Verschluss anwendet, so ist es gleichgültig, ob die Aufbewahrungsflüssigkeit leicht verdunstet oder nicht. Bei einem nicht luftdichten Verschlusse dagegen,

wie solcher durch ein Aufeinanderkleben zweier sich gleicher Tafeln von Spiegelglas, welche durch zwischen gelegte und mit Gummischleim befestigte Papierstreifen mit einander verbunden sind, erzielt wird, können nur solche Flüssigkeiten, welche nicht leicht verdunsten oder den gebabten Wasserverlust in feuchter Luft leicht wieder ersetzen, also concentrirte Chlorcalciumlösung und concentrirtes Oelölufs, Anwendung finden, doch wird diese ältere und mangelhafte Art der Aufbewahrung, nachdem man zu billigem Preise sehr zarte Deckgläser erhält, wohl kaum noch Anwendung finden; wer sich dagegen für dieses ältere Verfahren interessirt, den verweise ich auf die zweite Auflage dieses Buches S. 189—192.

Wenn man dickere Präparate aufbewahren will, wird die Herstellung eines luftdichten Verschlusses sehr schwierig und hat WELKER<sup>1)</sup> für diesen Zweck die Anwendung des Wachses empfohlen, durch welches er das Deckglas über dem Object mit der Objecttafel verbindet. Auch bei zarteren Präparaten verwendet derselbe das Wachs als Mittel, um den Druck der Deckplatte auf das Präparat aufzuheben, indem er an die vier Ecken des Deckglases kleine Wachsmassen, welche gewissermaßen vier Füßchen bilden, anschmilzt und dann weiter durch schmelzendes Wachs ringsum einen luftdichten Verschluss herstellt. Durch ein mehrmaliges Bestreichen der Ränder mit dem OCHATZ'schen Kitt<sup>2)</sup> oder mit Asphaltfirnis wird dann später sowohl der Wachstrand geschützt, als auch das Deckglas mit der Objecttafel fester verbunden, und mögen in dieser Weise hergestellte Präparate, bei einem dicken Ueberzug eines festen und nicht spröden Lackes, sehr haltbar sein. Mir aber hat dieses Verfahren, zum wenigsten für zarte Gegenstände, weniger zweckmäßig und schwieriger ausführbar erscheinen wollen, als das oben von mir gegebene und vielfach geprüfte. Für dickere Gegenstände verwende ich die freilich etwas kostspieligen Glasrahmen („glass cells“) der Engländer, welche ich mit dem Maskenlack auf die Objecttafel klebe. Die Flüssigkeit, in der das Präparat liegt, muß hierbei in solcher Menge angewendet werden, daß sie, wenn man das Deckglas von der Seite her ganz allmählig überschiebt, am Rande abläuft, weil sonst das Verbleiben von Luftblasen in ihr kaum zu vermeiden ist.

<sup>1)</sup> H. WELKER, über die Aufbewahrung mikroskopischer Objecte. Gießen 1856. S. 8.

<sup>2)</sup> Bleiweiß und Copalfirnis.

Das Deckgläschen wird, nachdem dessen Ränder sorgfältig abgetrocknet sind, mit Maskenlack mehrmals bestrichen und auch die äußere Wandung der Glaszelle in gleicher Weise mit demselben Lack überzogen. WELKER baut ähnliche Glaszellen durch vier zu einem Rahmen zusammengelegte Glasstreifen, welche mit Canadabalsam auf der Objectplatte befestigt werden, oder ersetzt dieselben durch einen Rahmen von Kautschuk Kitt, der später mit Wachs umgeben und mit Firniß bedeckt wird. Andere verwenden Guttapercharahmen.

Um die fertigen Präparate beim Uebereinanderlegen der Präparat tafeln gegen Druck zu schützen, habe ich früher Streifen von dickem Papier oder von Kartenpappe angewendet, benutze jetzt aber, nach dem Vorbilde von WELKER, 2—3 Linien breite Glasstreifen, deren Länge der Breite der Glastafel entspricht, welche an beiden Enden der letzteren mit Wasserglas aufgeklebt werden und ihren Zweck, jeden Druck vom Deckglase abzuhalten, vollständig erfüllen, so daß man ohne Scheu mehrere Präparat tafeln übereinander legen und sogar, übereinander liegend, versenden kann. Bei einer langen Objecttafel wird man zweckmäßig noch in der Mitte derselben einen dritten Glasstreifen befestigen.

Sollte ein Präparat, welches in Chlorcalciumlösung oder Oelstifts liegt, durch undichten Verschluss seine Aufbewahrungsflüssigkeit ganz oder theilweise verloren haben, so läßt sich bei Holz- und Rindenschnitten durch Hinzubringen von destillirtem Wasser oder neuer, jedoch verdünnter Aufbewahrungsflüssigkeit der Fehler leicht verbessern, wozu ein gelindes Erwärmen der Objecttafel über der Spirituslampe oft gute Dienste leistet, indem beim Erkalten die an den Rand des Deckglases gebrachte Flüssigkeit begierig eingesogen wird. Bei zarteren Präparaten muß man freilich mehr Vorsicht anwenden.

Die Bezeichnung der Präparate geschieht entweder durch einen auf die Tafel geklebten Papierstreifen oder noch einfacher mit dem schwarzen Maskenlack direct auf die Glastafel. Vermittelst eines feinen Pinsels läßt sich mit diesem Lack, der, falls er zu dick sein sollte, durch einige Tropfen Alcohol verdünnt wird, vortrefflich schreiben. Desgleichen benutze ich denselben Lack, um kleine Präparate, oder eine wichtige Stelle eines größeren Präparates, auf dem Deckglase mit einem kleinen Kreise zu umziehen, zur Erleichterung beim Aufsuchen solcher Gegenstände (S. 70). Das Einkratzen der Bezeichnung mittelst des Diamantes ist weniger empfehlenswerth,

weil die Buchstaben erst gegen das Licht gehalten oder auf dunkeltem Grunde kenntlich werden.

Meine Präparate bewahre ich in flachen Kästen, welche unten und oben mit Sammet ausgepolstert sind, übereinander liegend. Man hat vor allem darauf zu sehen, daß die Präparate immer wagrecht liegen, weil jedes sehr zarte Object, das in einer Flüssigkeit aufbewahrt ist, Gefahr läuft, bei einer anderen Stellung der Objectplatte aus seiner Lage verschoben zu werden. Eine zweckmäßige Anordnung der Präparatplatten, entweder nach den Pflanzen oder nach den Pflanzentheilen, ist außerdem für gröfsere Sammlungen nothwendig<sup>1)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Sehr schöne Präparate unter luftdichtem Verschluss werden von BOURGOGNE in Paris käuflich geliefert und sind von ihm auch die S. 28 besprochenen Diatomeenschalen zu beziehen. Für botanische Zwecke hat Dr. SPEERSCHNEIDER in Blankenburg bei Rudolstadt sehr instructive Präparatsammlungen geliefert. Eine neue Ausgabe, welche derselbe jetzt vorbereitet, wird in 6 Lieferungen, je zu 24 Präparaten, auf Subscription erscheinen und das Wichtigere der gesammten Pflanzen-Anatomie enthalten. Jede Lieferung sauber dargestellter und gut ausgewählter Präparate in einem zweckmäßigen Kasten ist von einem Hefte erläuternden Textes und zwei Tafeln Abbildungen begleitet. Der Preis beträgt 4 Thlr. 15 Sgr. für die Lieferung. Die angekündigte neue Ausgabe mikroskopischer Präparate ist sowohl für die Demonstration als auch zum Selbstunterricht sehr empfehlenswerth.

---

## Nachträge.

---

Zu S. 15. **BÉNÉDICTE** hat während des Druckes dieser Schrift sein kleines Mikroskop *D* wesentlich verbessert, indem er den Tisch desselben zwar wie früher beweglich liefs (Taf. I. Fig. 5), aber so einrichtete, daß auch bei häufigem Gebrauch des Mikroskopes eine sanfte, nicht schlotternde, Bewegung für die feine Einstellung gesichert ist. Außerdem ist die früher plane Blendungsscheibe jetzt durch eine gewölbte, nach dem Vorbilde von **ZEISS**, ersetzt worden. Mit den Systemen 4 u. 7 und mit drei Ocularen kostet das Mikroskop *D* wie früher 30 Thlr. und ist, wegen seiner schönen scharfen und farbenfreien Bilder, namentlich für Anfänger sehr empfehlenswerth. Außerdem ist aus dem Preiscurant dieses Optikers das Mikroskop *B*, dessen Stativ dem großen Mikroskope **OBERHÄUSER's** (Fig. 1. S. 14) nachgebildet, aber etwa um  $\frac{1}{2}$  kleiner ist, als sehr preiswürdig zu nennen. Mit den Systemen 4, 7, 8 u. 9, desgleichen mit fünf Ocularen und einem Ocularmikrometer kostet dasselbe nur 100 Thlr. und gewährt alle Vorzüge des viel theureren größten Mikroskopes *A*.

Zu S. 22. **C. REIN** in Rudolstadt, ein neuer Optiker, hat mir ein kleines Mikroskop für 30 Thlr. zur Prüfung eingeschickt, dessen Stativ mit beweglichem Tisch sehr gut bearbeitet ist und das mit zwei Ocularen und zwei Objectivsystemen Vergrößerungen von 15-, 60-, 110-, 160-, 350- und 550mal gewährt. Die schwächeren Vergrößerungen sind scharf, geben jedoch kein hinreichend planes Bild, das stärkste Objectiv ist farbenfrei und scharf, aber von sehr kurzem Abstand. Ein größeres Instrument mit festem Tisch und drei Objectivsystemen kostet 42 Thlr. und ein einfaches Mikroskop mit drei Doppellinsen von 25-, 40- u. 70maliger Vergrößerung wird zu 15 Thlr. berechnet und von **Dr. SPEERSCHNEIDER** in Blankenburg bei Rudolstadt als sehr brauchbar empfohlen.

Zu S. 24. ZEISS hat in seinem neuesten Preisverzeichniß vom November d. J. noch ein Stativ III *b* aufgeführt, welches sich von dem Stativ III durch einen eleganteren und etwas schwereren Hufeisenfuß von Messing, und durch einen größeren Spiegel, der an der einen Seite plan und an der anderen hohl ist, unterscheidet. Für das System *F* wirkt der größere Hohlspiegel mit anderer Brennweite besser als der kleinere des Stativs III. Von fünf Exemplaren des Systems *F*, welche mir ZEISS kürzlich zur Auswahl schickte, konnte ich erst nach vielstündigem Vergleich dasjenige bestimmen, welches meiner Ansicht nach den Vorzug verdiente, wie überhaupt die Gleichmäßigkeit und Accuratesse in den ZEISS'schen Arbeiten sehr rühmlich ist. Das Taschenmikroskop von ZEISS ist S. 183 erwähnt. Das Stativ III *b* wird zu 18 Thlr. berechnet. Ferner hat ZEISS eine sinnreiche Vorrichtung, um die Dicke der Deckgläser zu messen, welche bei Anwendung starker Systeme sehr zu berücksichtigen ist, geliefert, die mit einem Nonius,  $\frac{1}{16}$  Millim. angehend, eine Schätzung bis zu 0,02 Millim. möglich macht (für 3 Thlr.).

Zu S. 107. Das Inulin erscheint in den Zellen der getrockneten Wurzeln der Compositen (*Artemisia*, *Inula*, *Taraxacum*) als form- und farbloser Ballen, nimmt durch Jodlösung eine gelbe Farbe an und wird durch Aetzkali leicht aufgelöst.

---

Anmerkung des Verlegers: Abdrücke der zwei lithographirten Tafeln werden in gleichem Druck und Papier à 100 Exemplare zu 8 Rthlr. abgegeben. — Clichés von den Holzschnitten in scharfen und reinen Abgüssen werden mit 5 Sgr. pro □ Zoll berechnet und nur zur Benutzung für vorher bestimmt anzugebende Zwecke geliefert. Der Weiterverkauf und die Weiterbenutzung durch Wiederabklatsch oder Nachbildung der Original-Holzschnitte oder lithograph. Abbildungen überhaupt, gleichviel durch welches Verfahren, unterliegen dem Gesetze über das literarische und artistische Eigenthumsrecht, so wie den internationalen Verträgen wegen Schutz vor unerlaubtem Nachdruck oder nicht genehmigten Uebersetzungen und werden als Nachdruck verfolgt werden. Wo noch keine internationalen Verträge und Schutzgesetze bestehen, appelliren der Verfasser und der Verleger an das Rechtlichkeitsgefühl der Herren Autoren, Uebersetzer und Verleger, welche sich vorher mit ihnen einigen mögen (s. die Anmerk. hinter dem Titelblatt).

### Druckfehler.

S. 16 Zeile 15 von oben lies Linsen statt Linien.  
 - 279 - 10 von unten, desgleichen in demselben Satze mehrmals wiederkehrend,  
 lies Chlorcalcium statt Chlorcalium.



## Erklärung zu den Tafeln.

### Tafel I.

Fig. 1. Die Spitze eines unbefruchteten Embryosackes von *Crocus vernus* mit den Fadenapparaten der beiden Keimkörperchen, deren Protoplasmakugel im Wasser des Objectträgers zergangen ist. Jeder Fadenapparat ( $x$ ) erscheint als für sich bestehendes, von dem anderen scharf getrenntes Bündel zarter nach abwärts in gleicher Richtung ausstrahlender Fäden, dessen oberes, über die Membran des Embryosackes hervorragendes Ende stumpf abgerundet dazu fettglänzend ist und nur hier und da dunkle Punkte (wie ich vermüthe enge Porenkanäle) zeigt;  $se$  die Membran des Embryosackes<sup>1)</sup>.

Fig. 2. Die Spitze des kürzlich befruchteten Embryosackes von *Zea Mais*. Die zum Keim auswachsende Protoplasmakugel  $y$ , noch von ihrem Fadenapparat  $x$  bedeckt, ragt sehr deutlich und zwar frei über die Membran des Embryosackes ( $se$ ) hervor.

Fig. 3. Die Spitze des kürzlich befruchteten Embryosackes von *Pedicularis silvatica*.  $a$  Die Ansatzstelle des nicht zur Ausbildung gekommenen Keimkörperchens;  $y$  das zum langen Schlauch ausgewachsene Keimkörperchen, welches  $\frac{16}{400}$  Millim. weit frei über die Membran des Embryosackes hervorragt. Das Loch in der Membran des Embryosackes ist hier überaus deutlich, auch zeigt das zum Schlauch ausgewachsene Keimkörperchen im oberen Theil eine Wandverdickung von zwei Seiten her, nämlich von der Seite des Schlauches und von der Seite des Embryosackes.

Fig. 4. Ein kürzlich befruchtetes Keimkörperchen von *Phormium tenax*, bei welchem noch der kleine Fadenapparat  $x$  auf der bereits von einer festen Membran umkleideten Protoplasmakugel ( $y$ ) verblieben und mit ihr innig verbunden ist.

<sup>1)</sup> Auf Zusatz von Chlorzink-Jodlösung färbt sich der Fadenapparat bei *Crocus* und *Gladiolus* sehr deutlich blau, womit seine Zellstoffnatur nachgewiesen ist; sein Verhalten zum Polarisationsapparat entspricht keinesweges der Cuticula, wie Hofmeister angegeben.

Fig. 5. Das kleine Mikroskop (*D*) von BÉNÉCHE in halber natürlicher Größe. *a* Das Ocular; *b* und *c* der Tubus, welcher in einander geschoben und dadurch verkürzt werden kann; *d* die Hülse, in welcher sich der Tubus zur groben Einstellung auf- und abbewegen läßt; *e* das Objectivsystem am Tubus angeschraubt; *f* der Objecttisch, welcher als Klappe in einer Angel beweglich hängt und durch die Schraube *k* zur feineren Einstellung gehoben oder gesenkt wird; *g* der Arm, welcher die Hülse und den Tubus in ihr mit der Säule *t* des Stativs verbindet; *o* der Hohlspiegel, welcher in der Gabel *p* mit dem Arm *r* beweglich verbunden und durch letzteren aus der Achse des Mikroskoprohres verschiebbar ist; *u* der runde Messingfuß des Stativs; *n* die Oeffnung im Tische; *x* ein eiserner Stift an der Unterseite des Tisches, gegen den die Feder *y* drückt, welche Einrichtung jetzt wegfällt und wesentlich verbessert wurde (S. 289).

Fig. 6. Das Zeichnenprisma, welches mittelst seines Ringes *z* auf das Rohr des Mikroskopes gesteckt und durch den Ring *z* (Fig. 5) getragen wird; *b* eine Schraube, welche die geschwärzte Blendung *a* über dem Prisma festhält.

Fig. 7. Das Mikroskop III von ZEISS in halber natürlicher Größe. *a* Das Ocular; *b* und *c* der Tubus, welcher nicht durch Einschieben verkürzt werden kann; *d* die Hülse, in der sich der Tubus auf- und abbewegen läßt; *e* ein Objectivsystem am Mikroskoprohr; *g* der Arm, welcher dasselbe mit der Säule *t* des Stativs verbindet; *k* der Schraubenkopf für die feine Einstellung, welche durch Heben und Senken des Armes *g* bewerkstelligt wird und deren Mechanismus in der Säule des Stativs verborgen liegt; *x* die Nase zur Regulierung dieser Bewegung; *f* der unbewegliche Tisch, in den zwei Federklammern eingesenkt; *n* die gewölbte drehbare Blendungscheibe unter demselben; *o* der Hohlspiegel, welcher an der Gabel *p* mit dem Arm *r* beweglich verbunden und durch letzteren aus der Achse des Rohres verschiebbar ist; *u* der eiserne schwarzlackirte Hufeisenfuß. — Das Mikroskop III *b* entspricht dem obigen, ist jedoch mit einem größeren Spiegel, der an der einen Seite plan und an der anderen concav ist, desgleichen mit einem schwereren, aus Messing bestehenden, Hufeisenfuß versehen.

Fig. 7A. Der Tisch des vorigen Mikroskopes als Durchschnitt dargestellt. *f* Die Tischplatte; *n* die gewölbte drehbare Blendungscheibe (natürliche Größe).

#### Fig. 8—10. *Pleurosigma angulatum* (S. 28).

Fig. 8. Die ganze Kieselschale bei 360maliger Vergrößerung. Die drei Streifensysteme sind noch zu fein, um in der Zeichnung dargestellt zu werden (trocken liegend).

Fig. 9. Theil dieser Kieselschale bei 960maliger Vergrößerung, mit der OBERHÄUSER'schen Camera lucida gezeichnet.

Fig. 10. Ideelle Darstellung. *a* und *b* Die beiden schief verlaufenden Liniensysteme, welche sich im Winkel von 60° schneiden; *c* das dritte wagrechte Liniensystem, welches wieder mit den beiden vorigen im Winkel

von  $60^\circ$  zusammentrifft und zwar so, daß regelmäßige Sechsecke ( $y$ ) entstehen, die je von sechs gleichseitigen kleinen Dreiecken umgeben sind. Der rhombische Raum  $x$  bezeichnet die Kreuzung der beiden schief verlaufenden Linien ohne die wagrechte Linie, und die punktirte Linie  $d$  versinnlicht den Fall, wo die wagrechte Linie sich mit den beiden schiefen so kreuzen würde, daß gleichseitige Dreiecke entstünden.

Fig. 11 und 12. *Nitzschia sigmoidea* (S. 28).

Fig. 11. Die ganze Kieselshale bei 360maliger Vergrößerung (trocken liegend).

Fig. 12. Ein Theil derselben bei 960maliger Vergrößerung. Die zur Seite liegende Leiste erscheint gewölbt und abwechselnd erweitert und verengert, was bildlich schwer darzustellen ist.

Fig. 13. *Grammatophora subtilissima* (S. 30).

Die ganze Kieselshale in Canadabalsam liegend bei 960maliger Vergrößerung, bei schiefer Beleuchtung mit der Wasserlinse No. 10 von HARTNACK.

Fig. 14 und 15. *Surirella Gemma* (S. 31).

Fig. 14. Die ganze Kieselshale bei 360maliger Vergrößerung (trocken liegend).

Fig. 15. Der mittlere Theil derselben bei 960maliger Vergrößerung mit der Wasserlinse No. 10 von HARTNACK bei schiefer Beleuchtung.

Fig. 16 und 17. Schuppe vom Flügel der *Hipparchia Janira* (S. 27).

Fig. 16. Die ganze Schuppe bei 360maliger Vergrößerung.

Fig. 17. Kleiner Theil derselben bei 960maliger Vergrößerung.

Fig. 18 und 19. Schuppe der *Podura plumbea* (S. 32).

Fig. 18. Die ganze Schuppe bei 360maliger Vergrößerung.

Fig. 19. Theil derselben bei 960maliger Vergrößerung.

## Tafel II.

Die auf dieser Tafel häufig gebrauchten Bezeichnungen sind folgende:

*anth.* Anthera.

*br.* Bractea.

*gm.* Gemmula.

*grm.* Germen.

*pet.* Petalum.

*pl.* Placenta.

*sep.* Sepalum.

*stg.* Stigma.

*sth.* Stylus.

Fig. 1—13. *Ananassa sativa* (S. 256).

Fig. 1. Ein Deckblatt, Bractea, mit einer ganz jungen Blütenknospe (*gm*).

Fig. 2. Eine offene Blüthe; der unterständige Fruchtknoten ist mittelst des Messers aus der Rinde des Blütenstandes herausgeschält.

Fig. 3. Längsschnitt durch die Mitte einer solchen Blüthe.

Fig. 4. Ein isolirtes Kelehblatt.

Fig. 5. Querschnitt durch die Spitze einer jungen Blütenknospe, welche erst die beiden ersten Blattkreise (Kelch und Blumenkrone) zählt.

Fig. 6. Querschnitt durch eine andere Blütenknospe, in der bereits alle Theile angelegt sind.

Fig. 7. Ein Blumenblatt mit zwei Staubblättern isolirt, deren eines bei *x* in einer vom Blumenblatt gebildeten Rinne liegt.

Fig. 8. Querschnitt durch den Staubweg.

Fig. 9. Querschnitt durch den Fruchtknoten.

Fig. 10. Längsschnitt durch die Mitte der Samenknospe.

Fig. 11. Der obere Theil des Staubweges mit den drei Narben.

Fig. 12. Querschnitt durch den Staubbeutel.

Fig. 13. Ein Pollenkorn unter Citronenöl gesehen. *x* Die in einer Falte liegende Austrittsstelle für den Pollenschlauch.

Fig. 14—26. *Matthiola maderensis* (S. 259).

Fig. 14. Der Vegetationskegel als erster Anfang einer Blüthe, von oben gesehen.

Fig. 15. Derselbe mit den Anfängen der beiden ersten Kelchblätter.

Fig. 16. Derselbe mit den Anfängen des ersten und zweiten Kelchblattkreises (beide zweigliedrig).

Fig. 17. Querschnitt eines darauf folgenden Entwicklungszustandes. Nach den beiden zweigliedrigen Kelchblattkreisen ist ein viergliedriger Blumenblattkreis aufgetreten.

Fig. 18. Querschnitt durch ein weiteres Entwicklungsstadium. Der vierte wieder zweigliedrige Blattkreis (die beiden Staubblätter mit kurzem Filament) sind als kleine Warzen angelegt.

Fig. 19. Querschnitt eines folgenden Entwicklungszustandes. Die vier Blumenblätter sind in ihrer Ausbildung hinter den übrigen Blattkreisen der Blüthe zurückgeblieben und deshalb auf unserer Figur nicht sichtbar. Der fünfte und zwar viergliedrige Blattkreis (die vier Staubblätter mit langem Filament) ist angelegt, und hat sich auf dem Vegetationskegel der Blüthe selbst, als letzte Bildung, die Anlage des Fruchtknotens erhoben.

Fig. 20. Querschnitt durch den unteren Theil einer Blütenknospe, bei der bereits sämtliche Organe angelegt sind. Hier zeigen sich die Blumenblätter mit ihrem unteren verschmälerten Theil (Unguis, Nagel) und die vier Staubblätter des zweiten Antherenkreises mit ihren Filamenten, während die beiden Staubblätter mit kurzem Träger den Durch-

schnitt ihrer Staubbeutel darstellen. Vom Mittelnerv der beiden sich gegenüber liegenden Fruchtblätter aus bildet sich die Scheidewand des Fruchtknotens.

Fig. 21. Querdurchschnitt des Fruchtknotens der fertigen Blüthe.  $\gamma$  Die Scheidewand, an der in jedem Fache zwei Reihen Samenknospen sitzen.

Fig. 22. Eine fertige Blüthe, von welcher die Kelch- und Blumenblätter entfernt sind.

Fig. 23. Die vorige Figur, nach Entfernung der beiden Staubblätter mit langem Filament, welche den oberständigen Fruchtknoten verdeckten.

Fig. 24. Eine Blüthe kurz vor dem Aufblühen.

Fig. 25. Ein Blumenblatt der offenen Blüthe.

Fig. 26. Ein Pollenkorn unter Citronenöl, mit gefelderter Exine.

Fig. 27—33. *Lythrum virgatum* (S. 262).

Fig. 27. Die junge Blüthenanlage mit den Anfängen der sechs Kelchblätter.

Fig. 28. Bald darauf folgendes Stadium. Zwischen den sechs Kelchblättern erheben sich sechs pfriemenförmige Auswüchse (vgl. Fig. 31).

Fig. 29. Querschnitt durch eine Blüthenanlage mit Kelch, Blumenkrone und erstem Staubblattkreise.

Fig. 30. Längsschnitt durch die Mitte einer vollständig angelegten Blüthe. Durch röhrenförmige Verlängerung des Theiles, welcher die Kelchblätter und Blumenblätter trägt, sind beide ans obere Ende der Blüthenanlage emporgehoben. Der Fruchtknoten ist oberständig.

Fig. 31. Eine Blüthenknospe kurz vor dem Aufblühen.

Fig. 32. Eine offene Blüthe im Längsdurchschnitt.

Fig. 33. Der Fruchtknoten der ausgebildeten Blüthe im Durchschnitt.

Fig. 34—48. *Cuphea strigulosa* (S. 263).

Fig. 34. Erste Anlage einer Blüthenknospe mit den Anfängen der sechs Kelchblätter, von oben gesehen.

Fig. 35. Längsschnitt durch die Mitte eines etwas weiteren Zustandes. Kelch, Blumenblätter und erster Staubblattkreis sind angelegt.

Fig. 36. Querschnitt durch die Blüthenanlage, nach dem Auftreten des zweiten Staubblattkreises.

Fig. 37. Längsschnitt durch die Mitte einer Blumenknospe, deren Theile bereits sämtlich angelegt sind. Durch Bildung der Kelchröhre (vgl. Fig. 30) werden Kelchblätter und Blumenblätter mit in die Höhe gehoben, was in den beiden folgenden Figuren weiter ersichtlich ist.

Fig. 38 und 39. Weitere Entwicklungszustände des Fig. 37 im Längsschnitt Dargestellten.  $\alpha$  Der solide seitliche Auswuchs des oberständigen Fruchtknotens.

Fig. 40. Längsschnitt durch die dem Aufblühen nahe Knospe so geführt, daß die mit einem Längsspalt versehene Antherenröhre ( $\alpha$ ), welche an der hinteren Seite mit der Kelchröhre verbunden ist, sichtbar wird.

Fig. 41. Theil eines Längsschnittes durch die Spitze der Kelchröhre so dargestellt, daß die beiden kleinen Blumenblätter sichtbar werden.

Fig. 42. Ein Staubfaden mit seinem gebogenen Filament.

Fig. 43. Der Fruchtknoten im unteren Theile so angeschnitten, daß der centrale Samenträger und zugleich beide Fächer des Fruchtknotens sichtbar werden.

Fig. 44. Der centrale Samenträger herausgelöst.

Fig. 45. Der Fruchtknoten im Querschnitt; das kleinere Fach ist steril.

Fig. 46. Die Samenknospe im Längsschnitt, jedoch in einer Lage, daß ihre Raphe nicht sichtbar wird. Vgl. Fig. 44, wo rechts eine Samenknospe in der richtigeren Stellung durchschnitten abgebildet ist.

Fig. 47. Ein Staubblatt der fertigen Blüthe im Querschnitt.

Fig. 48. Ein Pollenkorn unter Citronenöl.

Fig. 49—52. *Cuphea platycentra* (S. 264).

Fig. 49. Die Spitze der Kelchröhre der offenen Blüthe ausgebreitet, um die elf Staubblätter und deren Befestigungsweise zu zeigen; sämtliche Blumenblätter gelangen nicht zur Ausbildung.

Fig. 50. Zwei Pollenkörner; *a* unter Citronenöl, *b* unter Schwefelsäure.

Fig. 51. Querschnitt durch den Fruchtknoten, dessen beide Fächer fruchtbar sind.

Fig. 52. Die Blüthe zur Zeit der Samenreife. Der mittelständige Samenträger hat sich nach aufwärts gekrümmt und sowohl die Fruchtknotenwandung, als auch die Kelchröhre durchbrochen.

Fig. 53. *Cecropia palmata* (S. 265).

Längsschnitt durch die Mitte einer ausgebildeten weiblichen Blüthe. *a* Eine cylindrische fleischige Hülle, die ich für den Fruchtknoten halte, ohne eigentlichen Staubweg und Narbe. Dieselbe umschließt eine Samenknospe, deren äußeres Integument eine stielförmige Verlängerung ausendet, welche mit einem Büschel zarter Haare endigt und die fehlende Narbe ersetzt.

JAN 23 1917

